

Physikalische

P.A.A





Physikalische Zeitschrift

Unter ständiger Mitarbeit für den referierenden Teil

von

Privatdozent Dr. **M. Abraham,** Professor Dr. **L. Ambronn,** Professor Dr. **H. Boruttau,** Professor Dr. **M. Brendel,** Professor Dr. **A. Coehn,** Professor Dr. **Th. Des Coudres,** Privatdozent Dr. **E. Englisch,** Privatdozent Dr. **W. Kaufmann,** Professor Dr. **E. Meyer,** Professor Dr. **L. Rhumbler,** Privatdozent Dr. **K. Schaum,** Professor Dr. **G. C. Schmidt,** Professor Dr. **E. Wiechert,** Privatdozent Dr. **E. Zermelo.**

Herausgegeben von

Dr. E. RIECKE
o. ö. Professor an der Universität Göttingen.

und

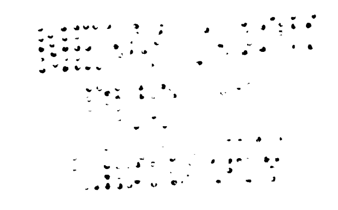
Dr. H. TH. SIMON
a. o. Professor an der Universität Göttingen.

Redaktion: Professor Dr. **H. TH. SIMON** in Göttingen.

DRITTER JAHRGANG.

1901—1902.

Mit fünf Tafeln.



Leipzig,
Verlag von S. Hirzel.
1902.

Autoren- und Sachregister.

Abkürzungen: (R.) = Referat, (B.) = Besprechung, (N.) = 73. Naturforscherversammlung.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

J.

K.

L.

Seite

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

Namensverzeichnis der „Personalien“.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 1. | 1. Oktober 1901. | 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 2 am 9. Oktober 1901.

INHALT.

An unsere Leser!

Mit dem Beginn des dritten Jahrganges wird die „Physikalische Zeitschrift" unter sonst vollständiger Wahrung ihres bisherigen Programmes und Umfanges in 14tägig erscheinenden Heften ausgegeben werden.

Die Erfahrungen der ersten beiden Jahrgänge haben gezeigt, dass die Schnelligkeit der Berichterstattung nicht über eine gewisse, durch technische Umstände bestimmte Grenze gesteigert werden kann, der die 14tägige Ausgabe der Hefte viel besser angepasst ist, als die 8tägige. Ausserdem hat sich bei der bisherigen Erscheinungsweise der Umstand häufig als störend erwiesen, grössere Beiträge auf mehrere Hefte verteilen zu müssen, und es sind uns auch aus den Kreisen der Leser wiederholt Wünsche zugekommen, diesen Übelstand zu beseitigen. Wir haben uns daher zu der 14tägigen Ausgabe der Hefte um so lieber entschlossen, als mit der geänderten Art des Erscheinens für den Verlag und nicht minder für die Redaktion eine grosse Erleichterung erzielt wird.

Die „Physikalische Zeitschrift" hat in den zwei Jahren ihres Bestehens in stets wachsendem Masse Freunde erworben, und die Idee, die ihren Begründern vorschwebte, hat sich als eine gesunde und lebenskräftige erwiesen.

Wir bitten die Fachgenossen, sie auch fernerhin durch thätiges Interesse und rege Mitarbeit zu unterstützen.

E. Riecke. **H. Th. Simon.**

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Periodische Veränderungen an Bromsilbergelatineplatten.

Von Eugen Englisch.

1. Eine empfindliche Bromsilbergelatineplatte erreicht bei der Entwickelung ihre grösstmögliche Dichtigkeit bei einer Belichtung, welche rund dem 5000fachen Schwellenwerte entspricht[1]). Die Dichtigkeit bleibt in einem je nach Intensität und Entwickelungsart[2]) mehr oder weniger breiten Belichtungsgebiete — der ersten „neutralen Zone"[3]) — konstant, und nimmt bei weiterer Zufuhr von Lichtenergie ab. Man hat seither angenommen, dass diese Abnahme kontinuierlich erfolge; man erreicht bei weiterer Lichtzufuhr endlich den zweiten neutralen Zustand, in dem die Schicht wenigstens für übliche Entwickelungszeiten nicht mehr geschwärzt wird, sondern nur noch schleiert.

2. Betrachtet man nun eine streifenweise mit intensivem Lichte (brennendem Magnesium) belichtete Platte genauer, so sieht man, dass öfters mehrere Streifen gleiche Dichtigkeit haben, während dazwischen die Dichtigkeit von Streifen zu Streifen abnimmt. Anders ausgedrückt: bezeichnet D die Dichtigkeit, E die Exposition, so liegen zwischen Werten von D und E, für die $\frac{dD}{dE} < 0$ ist, solche, für die $\frac{dD}{dE} = 0$ wird.

1) [illegible], Eders Jahrbuch 1894, S. 14.

2) [illegible], [illegible] Schwärzungsgesetz für Bromsilber- [illegible] S. 31. Halle a. S., W. Knapp. 1901.

3) [illegible] 1447, 1880.

Nun hatte ich früher gezeigt[1]), dass man solarisierte Schichten normal, d. h. in mit der Belichtung steigender Dichtigkeit $\left(\frac{dD}{dE} > 0\right)$ entwickeln könne, wenn man sie eine für jede Plattensorte durch Vorversuch zu bestimmende Zeit in Natriumthiosulfatlösung badet, bis an den nicht solarisierten Stellen das Bromsilber herausgelöst ist, und die Platten nach gründlichem Abspülen in einem beliebigen Entwickler hervorruft. Wie man sich schon an den unentwickelten Platten überzeugt, wird durch das Vorbad umsoweniger Bromsilber herausgelöst, je weiter die Solarisation vorgeschritten ist, was im Sinne der Gerbungstheorie Luthers[2]) gedeutet werden kann; bei der Entwickelung wird das gesamte *AgBr*, das noch vorhanden ist, reduziert und zeigt demnach die Licht- und Schattenverteilung eines Negatives[3]). Bei diesen primär teilweise fixierten und entwickelten Platten fiel auf, dass sich zwischen dunkleren Streifen, die dem soeben Gesagten entsprachen, hellere Streifen fanden, die in jenen Bezirken lagen, für welche bei den direkt entwickelten Platten $\frac{dD}{dE} = 0$ war.

3. Diese Beobachtung gab Veranlassung, den Verlauf der Solarisation für erheblichere Lichtmengen als bisher näher zu studieren. Schwache Lichtquellen konnten wegen zu geringer Wirksamkeit nicht in Betracht kommen; ich war somit auf das Licht brennenden Magnesiumbandes angewiesen. 1 m dieses Bandes wog 0,63 g; für Stücke von 1, 2, 3; 4 cm besteht Proportionalität zwischen Bandlänge und gelieferter Lichtenergie. Die Platten waren meist in Stücke von 2×9 cm geschnitten; sie wurden streifenweise mit wachsenden Lichtmengen bestrahlt, wobei der neu zu belichtende Streifen genau die angegebene Entfernung vom Ende des zu verbrennenden Bandstückes hatte. Da die Platten bis auf 14 cm der Lichtquelle genähert wurden, wird die Vergrösserung des Abstandes für die zuerst belichteten Streifen wohl bemerkbar, obwohl die Intensität infolge der räumlichen Ausdehnung der Lichtquelle weniger abnimmt, als der Abstandsvergrösserung entspräche. Eine Korrektur ist aber ohne besondere Versuche deshalb nicht möglich, und da es sich nur um eine qualitative Darstellung des Solarisationsverlaufes handeln kann, erscheint sie auch unnötig. Die Dichten ($D = log\, \mathfrak{J}/\mathfrak{J}_0$, wo $\mathfrak{J}$ die Intensität des auffallenden, $\mathfrak{J}_0$ die des durchgehenden Lichtes bedeutet) der verschiedenen Streifen wurden dagegen photometrisch so genau wie möglich bestimmt; die Absorption des Glases und der Gelatine ist dabei nicht in Abzug gebracht ($D = 0,15$). Zum Lichte des Magnesiums addiert sich die für jeden Streifen 5 Sekunden dauernde Einwirkung der blauen Flamme des Bunsenbrenners, die zur Entzündung des Magnesiums diente. Ich gebe zunächst einige Zahlen wieder für Platten, die mit Metolsoda normaler Zusammensetzung bei 18° im Dunkeln entwickelt und 10 Minuten im saueren Bade fixiert wurden.

Schleussnerplatten Em. Nr. 7551.

Dichte $D = log \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{J}_0}$.

Abstand 14 cm			
Belichtet durch cm *Mg*	Entwickelt 1	2	3 Min.
2	0,5	0,84	1,18
4	0,39	0,68	0,96
6	0,32	0,55	0,82
8	0,38	0,62	0,86
10	0,35	0,56	c,78
12	0,26	0,42	0.59
14	0,33	0,50	0,65
16	0,27	0,41	0,55

Abstand 20 cm		
Belichtet durch cm *Mg*	Entwickelt 1	3 Min.
2	0,62	1,47
4	0,59	1,25
6	0,55	1,01
8	0,51	—
10	0,44	0.90
12	0,37	0,85
14	0,42	(0,87)
16	0,44	0,88
18	0,35	0,77
20	0,31	0,71
22	0,34	0,75
24	0,30	0,67
26	0,32	0,71
28	0,33	0,77
30	0,30	0,65
32	0,32	0,68
34		—
36		0,70
38		0,62
40		0,68
42		0,60
44		—
46		0,66
48		0,60
50		0,63
52		0,62!
54		0,64
56		0,58
58		0,65
60		0,56

Herzkaplatten Em. Nr. 182.

Abstand 20 cm. Dichte $D = log \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{J}_0}$.

Belichtet durch cm *Mg*	Entwickelt 1 Min.
2	0,55
4	0,51
6	0,44
8	0,52
10	0,48
12	0,39
14	0,49
16	(0,45)
18	0,47
20	0,38
22	0,44
24	(0,43)
26	0,42
28	0,36
30	0,41
32	0,39

1) Englisch, Diese Ztschr. **2**, 62, 1900.
2) Luther, Die chem. Vorgänge in der Photographie. S. 55. Halle a. S., W. Knapp. 1899.
3) Neuerdings hat Nipher dasselbe Verfahren publiziert (Nature **63**, No. 1631, 325, 1901), nur mit der Modifikation, dass er konzentrierte Natriumthiosulfatlösung und Hydrochinon im Tageslicht (was nicht nötig ist) auf die Platte wirken lässt.

4. Bei den Platten fällt sofort auf, dass sie streifenweise heller und dunkler sind; die Schleussnerplatte, die sich für die kleinsten Belichtungen verhältnissmässig schnell noch zu erheblicher Dichtigkeit entwickelt, dann aber gut graduiert heller wird, hat (Fig. 1) zunächst

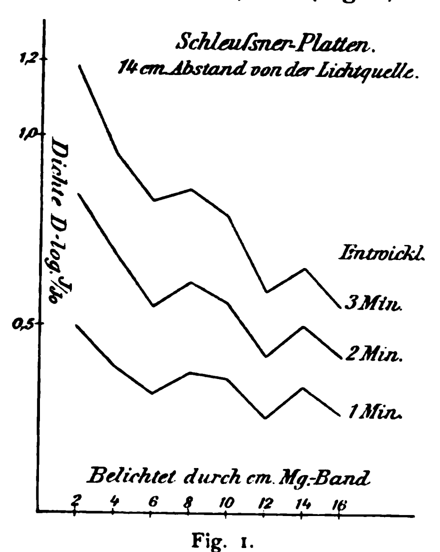


Fig. 1.

aus 14 cm Abstand von der Lichtquelle belichtet ein Minimum der Dichte bei 6 cm *Mg* — der Kürze wegen sei diese Ausdrucksweise gestattet —, ein Maximum bei 8 cm und ein zweites Minimum bei 12 cm. Dem ersten Minimum entspricht bei 20 cm Abstand (Fig. 2) ein Minimum bei 12 cm, dem zweiten ein solches bei 24 cm. Dagegen hat man bei 20 cm Abstand ein weiteres Minimum bei 20 cm *Mg*, dem bei 14 cm Abstand kein Minimum entspricht; es kann dies wohl daher rühren, dass dieses schwache Minimum überdeckt wird durch die Wirkung des bei Belichtung der Nachbarstreifen in der Schicht diffus gewordenen Lichtes, das hier von grösserer Intensität als bei 20 cm Abstand entsprechend eine mehr als verhältnismässig grössere Veränderung hervorrufen müsste[1]). Die Minima bleiben bei verlängerter Entwickelung erhalten; allmählich werden aber die Unterschiede zwischen den ersten Minima und den Nachbarstreifen kleiner, die Minima nähern sich den Maxima, während sich die mehr belichteten Streifen noch kontrastreicher entwickeln. Man kann dies erklären durch die Annahme, dass bei den ersten Minima die dem Minimumszustand entsprechende Veränderung sich nur auf die oberflächlichen Schichten erstrecke, nicht auch auf die tieferen; dasselbe wird vom folgenden Maximum gelten, das doch durch einen Minimumzustand hindurchgegangen ist; beim Minimum kommt also noch etwas Dichtigkeit aus den tieferen Schichten hinzu, das Maximum aber kann infolge des Minimumzustandes seiner tieferen Schichten wenig mehr hinzugewinnen, beide müssen sich also gleicher werden. Die Tiefe der Minima nimmt ab mit der Intensität des wirkenden Lichtes, doch konnte ich Andeutungen der Streifen noch bei 1 m Abstand der Platten von der Lichtquelle erhalten; je weniger tief ein erstes Minimum ist, desto schneller verschwindet es bei der Entwickelung (Fig. 2). Ganz anders verhält es sich mit späteren Minima; während sie bei kurzer Entwickelung im Schleier der Platte verschwinden, treten sie bei längerer Entwickelung immer deutlicher hervor. Die Minima kehren in einer eigentümlichen Periode wieder; bei Schleussnerplatten folgten auf das erste Minimum drei dunklere Streifen, zweites Minimum, zwei dunklere Streifen, drittes Minimum, ein dunklerer Streifen, viertes Minimum, woran sich dieselbe Periode wieder anschloss; jeder Streifen entsprach dabei 2 cm *Mg*. Die Unterschiede in der Tiefe der Minima waren dabei nicht derart, dass ich sie mit Sicherheit feststellen konnte. Die periodische Wiederkehr der Minima deutet auf die Unabhängigkeit derselben von der späteren Belichtung; ich fand sie in der That stets an denselben Stellen der Platte lokalisiert, an

1) S. Citat 2.

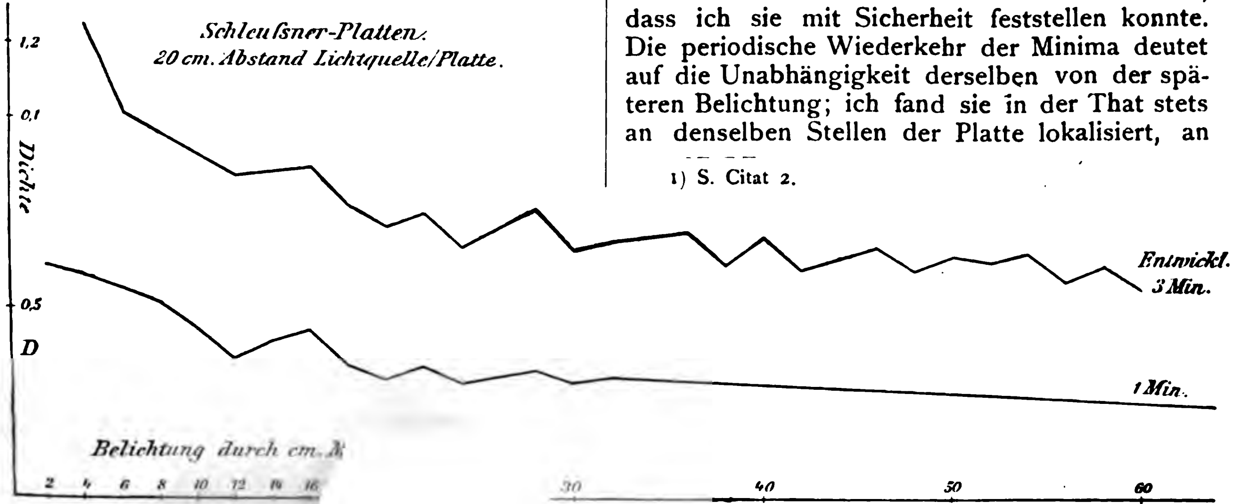


Fig. 2.

denen sich die ersten Minima gezeigt hatten, ganz unabhängig von der nachfolgenden Belichtung. Bis jetzt habe ich bis 128 cm Magnesiumband 17 deutliche Minima zählen können, wenn ich den Kunstgriff anwandte, die mehr belichteten Platten länger zu entwickeln. Diese Minima aufzuzeichnen hat wenig Interesse; wie aber aus Fig. 2 hervorgeht, tritt ein vorher unbemerktes, schwaches Minimum auf bei 52 cm *Mg*, das ich auch bei weiterer Belichtung nicht mehr gefunden habe, und das ich neben den drei ersten Minima für ein ursprüngliches halte, während ich die übrigen nur als Wiederholungen der ersten ansehe.

Nachbelichtung erhält also die Minima, und kann sie sogar verstärken. Während das erste Minimum nur bei guter Abpassung der Belichtungsverhältnisse und der Entwickelungsdauer deutlich erscheint, kommen die späteren Minima leicht und deutlich heraus. Versucht man nun aber eine Platte bis zur Nähe eines Minimums vorzubelichten und dann die zu diesem nötige Energiemenge hinzuzufügen, so werden die Unterschiede zwischen Maxima und Minima kleiner; diese Unterschiede entstehen also hauptsächlich in den ersten Stadien der Belichtung, d. h. die Platte ist unvorbelichtet empfindlicher, als wenn sie bereits solarisiert ist.

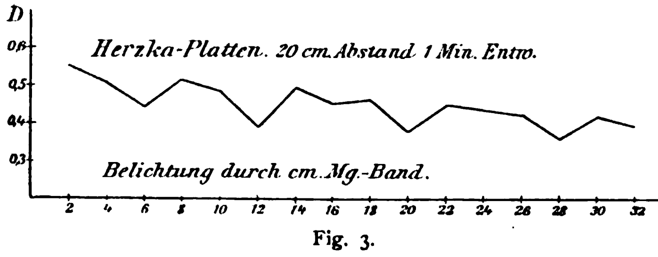


Fig. 3.

In Fig. 3 ist ein Teil der Solarisationskurve für eine Herzkaplatte gezeichnet. Diese Platte, die bei Normalbelichtung ganz klar arbeitet, ist im Solarisationsgebiete erheblich schleieriger als die Schleussnerplatte; das erste, hier sehr kräftige Minimum trat schon bei 6 cm *Mg* ein, die Periode der Minima war kürzer als bei der Schleussnerplatte und bei 16 cm lag ein schwaches Minimum, zwischen Maxima, die von kräftigen Minima eingeschlossen waren. Die Herzkaplatte ist gelatinereicher als die Schleussnerplatte; sie fixiert viel langsamer, und ich habe bei der ein ähnliches Verhalten zeigenden Colbyplatte ebenfalls schon bei 6 cm das erste Minimum beobachtet. Bei einer orthochromatischen Hauffplatte (Em. 235), die sehr dünn gegossen ist und sehr schnell fixiert, fand ich die Umkehrung erst bei 28 cm *Mg*.

Die Umkehrungen sind keineswegs an den Metolentwickler gebunden; sie treten zwar deutlicher auf bei den Rapidentwicklern, als bei Hydrochinon und Glycin, die sie ihrerseits auch bei längerer Entwickelung erhalten; bei Entwickelung mit Eisenoxalat (30 Sek.) erhält man sehr schöne Streifen.

Wenn man nun die streifenweise belichteten Platten primär teilweise fixiert und dann entwickelt, wie oben geschildert wurde, so zeigen auch diese Platten bis zu 24 cm *Mg* aus 20 cm Abstand helle und dunkle Streifen; die Maxima liegen dann aber auf den Minima der direkt entwickelten und umgekehrt. Besonders die ersten Umkehrungen treten hier deutlich hervor; dagegen werden sie unmerklich bei Belichtungen durch mehr als 24 cm *Mg*.

Eine Mitwirkung des Bindemittels bei diesen Erscheinungen scheint mir sicher; ich enthalte mich vorerst, eine Hypothese aufzustellen; ich will nur darauf hinweisen, dass die sogenannten schwarzen Blitze, bei denen der Hauptstrahl im Negativ dunkel, die Seitenäste aber hell erscheinen, möglicherweise durch diese Versuche erklärt werden können; die Lichtverhältnisse brauchen nur dieselben zu sein, wie für ein Maximum und ein Minimum; bei der Lichtstärke der Blitze könnten die Unterschiede zwischen diesen sehr erheblich werden.

Die Reduktion der vom brennenden Magnesium gelieferten Lichtmenge auf Hefnereinheiten ergiebt sich aus Eders[1]) Angaben. Demnach entspräche 1 cm meines *Mg*-Bandes (photographisch) 1200 H. M. S.[2]) Bei dem Abstande von 20 cm wirkt also 1 cm *Mg*-Band wie 30000 H. M. S. und die erste Umkehrung trat für Schleussnerplatten ein bei 360000 H. M. S., für Herzkaplatten für 180000 H. M. S. Rechnet man die zur Erzielung mittlerer Schwärzungen nötige Energiemenge zu 12 H. M. S. (die Normalexposition reicht von 3 bis etwa 23 H. M. S.[3]), so erfolgen die Umkehrungen bei 10^4 bezw. $1{,}5 \cdot 10^4$ fachem Betrage der Normalexposition. Janssen selbst hat bereits (l. c.) auf die Periodizität der Solarisation hingewiesen und bei stundenlanger Belichtung, oder wie er angiebt, dem 10^5 fachen Betrage der Normalexposition, ein zweites Negativ erhalten, wobei die Zahl 10^5 die unterste Grenze angiebt[4]). Mit dieser Janssenschen Umkehrung sind die von mir gefundenen Umkehrungen nicht iden-

1) Eder, Hdbch. I, 458, Halle a. S. 1892.

2) Dieser Wert ist etwas zu gross. Englisch, Habilitationsschrift, S. 32.

3) Eder, Sitzber. Wiener Akad. 108, IIa, 1899.

4) Vergl. Englisch, Habilitationsschrift, S. 37. Die Normalexposition würde sich zu 0,06 Sek. Belichtung in der Sonne, oder nieder gerechnet zu 1000 Kerzen ergeben; nach meinen Versuchen erhielte man die Janssensche Umkehrung erst bei der Energiemenge, die von über 7 m *Mg*-Band geliefert wird, und die Breite des Maximums würde sich auf etwa 1 m *Mg* erstrecken.

tisch; das folgt aus ihrer Zahl, aus den Verhältnissen der zugeführten Energie, aus den gegenüber Janssens Umkehrung sehr kleinen Expositionsgebieten und aus der Thatsache, dass die Dichtigkeit der Platte im ganzen noch immer abnimmt, wenn man die Lichtzufuhr nicht so regelt, wie hier geschehen, sondern auf einmal grössere Lichtmengen zuführt, so dass die Unterschiede zwischen Maxima und Minima verdeckt werden. Meine Versuche bewegen sich noch nicht auf dem Gebiete des sogenannten zweiten neutralen Zustandes, und sie stellen neben der von Janssen gefundenen Periodizität der Solarisation periodische Erscheinungen im Bereiche der Solarisation erster Ordnung fest und sie bilden in gewissem Sinne ein Analogon zu der von Herrn Ostwald näher beschriebenen Periodizität des Auflösungsverlaufs des Chroms in Säuren.

Vielleicht ist ein Wort über die Reproduzierbarkeit der Versuche am Platze. Diese gelangen bei trockenem Wetter gleichmässig sicher; die ersten Minima blieben bei feuchtem Wetter aus, die übrigen wurden schwächer; feuchte Platten solarisieren, wie ich schon früher festgestellt habe, überhaupt sehr schwer. Bei besonders getrockneten Platten erhält man die Erscheinungen leicht; ein bestimmter Feuchtigkeitsgehalt darf also nicht überschritten werden.

Stuttgart, 18. September 1901.

(Eingegangen 20. September 1901.)



Ein neues Modell eines Interferenzapparates.

Von A. Perot und Ch. Fabry.[1])

In einer Reihe von Abhandlungen, welche wir in den letzten drei Jahren veröffentlichten, haben wir die Eigenschaften und die zahlreichen Anwendungen der Interferenzstreifen beschrieben, welche an versilberten Platten entstehen. Im folgenden soll eine kurze Übersicht dieser Arbeiten gegeben und der Apparat beschrieben werden, der von Herrn Jobin-Paris in hervorragender Güte hergestellt wurde und die Erzeugung und praktische Verwertung der Interferenzen leicht ermöglicht.

Die Interferenzerscheinungen, welche an versilberten Platten auftreten, sind besonders dadurch charakterisiert, dass der einfallende Strahl beim Verlassen des Apparates nicht nur in 2 Wellen von unter sich gleicher Intensität zerlegt ist, sondern vielmehr in eine grosse Anzahl von Wellen, deren Intensität gegenseitig um so weniger verschieden ist, je stärker das Reflexionsvermögen der Silberschicht ist, und deren Gangunterschied in arithmetischer Reihe zunimmt.

Wenn man die gewöhnlichen Interferenzen etwa mit den Beugungserscheinungen vergleichen darf, die an zwei parallelen Spalten auftreten, so sind die Interferenzen, welche unser Apparat liefert, auf eine Stufe zu stellen mit Beugungserscheinungen, welche durch eine sehr grosse Anzahl paralleler äquidistanter Spalte hervorgerufen werden, kurz mit der Wirkung eines Gitters.[1]) —

Denken wir uns eine Luftschicht von der Dicke e mit schwach versilberten Grenzflächen (so schwach versilbert, dass sie durchsichtig sind); sie mag dadurch entstehen, dass man eine Luftschicht zwischen 2 versilberten Glasplatten einschliesst. Auf diese Schicht falle Licht einer Wellenlänge unter dem Einfallwinkel i; dasselbe wird sich zerlegen in eine Schar von Strahlen, welche gegen den Einfallstrahl einen Gangunterschied von $2\,e\cos i$, $4\,e\cos i$, $6\,e\cos i$, ... haben und deren Intensitäten, wenn f das Reflexionsvermögen und ϱ der Extinktionskoeffizient ist, sein werden gleich: $\varrho^2, \varrho^2 f^2, \varrho^2 f^4, \ldots$ Durch Superposition wird hieraus eine Lichtwirkung entstehen von der Intensität:

$$\mathcal{J}=\mathcal{J}_0\,\frac{1}{1+\frac{4f}{(1-f)^2}\sin^2\pi\,\frac{\Delta}{\lambda}},$$

wenn $\Delta = 2\,e\cos i$, gleich dem Gangunterschied ist. Nimmt man als Beispiel $f = 0{,}80$ an, so erhält man:

$$\mathcal{J}=\mathcal{J}_0\cdot\frac{1}{1+80\sin^2\pi\,\frac{\Delta}{\lambda}}$$

Damit die Intensität merkliche Werte annimmt, ist Bedingung, dass Δ sehr nahe ein ganzes Vielfaches von λ ist.

Die Beobachtung kann nach zwei Methoden geschehen: 1. in parallelem Licht, Strahlen zur Silberfläche oder 2. in konvergentem Licht. Im ersten Falle kann die Schicht dünn sein und ihre Dicke darf von Punkt zu Punkt sich ändern; man beobachtet die Streifen in der einen Oberfläche der Schicht. In dem anderen Falle muss die Schicht eben begrenzt und dicker sein (mehrere Centimeter); man beobachtet mit einem auf Unendlich eingestellten Fernrohr.

In beiden Fällen sieht man glänzende feine

1) Ausführlich in: Annales de chimie et de physique. (7), **16**, 115—144, 1899; (7), **16**, 289—338, 1899; (7), **22**, 564—574, 1901.

1) Man gewinnt bei unserer Beobachtungsweise den Eindruck, als beobachte man die Spektren sehr hoher Ordnung eines Gitters von geringer Dispersion.

Streifen, welche durch breite dunkle Zwischenräume voneinander getrennt sind. Bei parallelen Strahlen tritt nur an jenen Stellen Licht auf, für welche die Schichtdicke der Bedingung $2e = k\lambda + \varepsilon$ genügt, wobei ε eine gegen λ kleine positive oder negative Grösse und k eine ganze Zahl ist. Die Streifen folgen den Stellen gleicher Dicke der Schicht wie bei den Newtonschen Ringen, nur sind sie viel feiner.

Bei konvergentem Licht ist die Bedingung der Helligkeit gegeben für Einfallwinkel i, welche der Gleichung $2e \cos i = k\lambda + \varepsilon$ genügen. Die Streifen bilden sich ab in der Brennebene des Fernrohres als Kreise, deren Mittelpunkte auf der Normale zur Silberschicht liegen.

Diese Erscheinungen gehören zu den im Unendlichen verlaufenden Ringen, die von Herrn Michelson so erfolgreich verwertet worden sind, während die vorhergehenden den an dünnen isotropen Platten beobachteten Interferenzstreifen zuzurechnen sind.

Die Vorzüge, welche die so erzeugten Interferenzstreifen den in der bisher üblichen Weise erzeugten Streifen gegenüber haben, sind folgende: sie sind ausserordentlich viel feiner; man kann auf sie viel schärfer einstellen; wird der Apparat von verschiedenen für sich monochromatischen Strahlen getroffen, so liefert er für jede Farbe ein eigenes Streifensystem, die sich gegenseitig überlagern, ohne sich zu stören. Man kann so leicht, indem man die benachbarten Streifen berücksichtigt, die Ordnung der Interferenz eines einzelnen Streifens bestimmen oder umgekehrt, wenn die Dicke der durchstrahlten Schicht bekannt ist, die Wellenlänge der betreffenden Lichtgattung berechnen.

Ein Interferometer, das zur Herstellung und Verwertung dieser Erscheinungen dienen soll, muss aus zwei versilberten Glasplatten bestehen, die sich gegeneinander genau orientieren und parallel zu sich verschieben lassen. Ein nach diesen Grundsätzen gebauter Apparat gestattet spektroskopische Untersuchungen: das Studium der Strahlung bezüglich der Konstitution derselben und ihrer Wellenlänge; er ermöglicht die Messung des Abstandes der beiden Platten mit Hilfe der im konvergenten Lichte beobachteten Erscheinungen und z. B. die Messung der Änderung, welche der bei der Reflexion am Silber auftretende Phasenverlust mit der Wellenlänge zeigt, mit Hilfe der Erscheinungen dünner Blättchen mit parallelem Lichte.

Die Verwendbarkeit der Methode ist schon jetzt eine vielseitige und interessante. Aber gerade auf dem so wichtigen Gebiete der praktischen Längen (bezw. Dicken)-Messung findet man gar bald eine Schwierigkeit, nämlich die Unmöglichkeit der direkten einfachen Bestimmung der Ordnung der Interferenzen, die etwa über 5 cm Schichtdicke hinausgehen und ausserdem bei Endmassstäben die Schwierigkeit, sie zwischen die Platten des Apparates einzuführen. Zur Ausführung derartiger Messungen muss man deshalb zu den Superpositionen und den nachstehend beschriebenen Interferenzerscheinungen übergehen.

Verschafft man sich zwei von versilberten parallelen Flächen eingeschlossene Interferenzschichten von gleicher Dicke, ordnet dieselben so hintereinander an, dass ihre Begrenzungsflächen einen sehr spitzen Winkel miteinander bilden und lässt ein konvergentes Bündel weisser Strahlen durch sie hindurchtreten, so sieht man in einem auf Unendlich eingestellten Beobachtungsfernrohr ein System von Interferenzstreifen; dasselbe weist einen weissen zentralen Streifen auf, der an jener Stelle liegt, wo die Winkelhalbierende der beiden Plattennormalen die Brennebene des Fernrohres trifft. Die gleiche Erscheinung tritt auf, wenn die Dicke der einen Schicht in einem einfachen Verhältnis zur Dicke der anderen Schicht steht.

Man kann so die Messung der Dicke e zurückführen auf die Messung der geringeren Dicke $\frac{e}{n}$, wo n alle ganzen Zahlen, z. B. bis 5, annehmen kann. Man bringt hierzu die Schicht von der Dicke e vor den Apparat und die versilberten Platten desselben in eine solche Stellung, dass man in dem Beobachtungsfernrohr die Streifen sieht, welche einer Dicke von z. B. $\frac{e}{5}$ entsprechen. Man bestimmt die Ordnung der Interferenz und dadurch die Dicke der beiden Platten.

Diese Messmethode lässt sich den verschiedensten Umständen anpassen; so kann die zu messende Schicht z. B. zwischen Platten liegen, welche die Endflächen eines Metallmassstabes berühren, man vermag so noch Längen zu messen, deren direkter Bestimmung die Methode sonst nicht fähig wäre.

Man kann sogar, um sehr grosse Längen zu messen, sich einen Satz von Schichten verschaffen, deren Dicken in geometrischer Reihe fortschreiten und beispielsweise die Reihe e, $\frac{e}{3}$, $\frac{e}{9}$ u. s. w. benutzen.

Wir nennen „Platten-Etalon" die von uns bei den vorliegenden Messungen benutzten Platten (= Luftschichten) von unveränderlicher Dicke und von parallelen Flächen begrenzt. Es wurden solche von 0,25 cm an hergestellt. Alle, auch die kleinsten, mussten natürlich, um die Ordnung der Interferenz des betreffenden Etalons zu erhalten, mindestens einmal mit dem Interferometer durchgemessen werden und zwar mit einer ganzen Serie von Streifen

denzen); es musste dabei möglich sein, die Dicke der Schicht ein wenig zu verändern.

Bei jeder Art von Benutzung, welche diese „Platten-Etalons" zulassen, — Messung von Längen, Bestimmung von Wellenlängen oder sonst jede mögliche Verwendung — muss man stets, um ihre Dicke zu bestimmen, über einen Apparat verfügen, der eine veränderliche Interferenzschicht besitzt, d. h. ein Interferometer.

Der Zweck, dem dieser Apparat dient, bestimmt seine wesentlichen Teile. Er besteht aus zwei versilberten Planflächen, die jeder Art von Einstellung und Verschiebung gegeneinander fähig sind. Man muss ihre Flächen gegeneinander beliebig orientieren, sowie — und dies ist der Hauptpunkt — sie absolut parallel zu einander einstellen können. Ihr Abstand muss sich zwischen 0 und 10 cm variieren lassen und es ist sehr nützlich, wenn hierbei der schon vorhandene Parallelismus der Oberflächen erhalten bleibt. Man muss bei dieser Verschiebung an jeder beliebigen Stelle auf einige Tausendstel Mikron feststellen können und andererseits darf eine Verschiebung von mehreren Centimetern auch keine zu lange Zeit beanspruchen. Es sind deshalb drei verschiedene Geschwindigkeiten für die Verschiebung möglich: 1. eine rasche Bewegung, 2. eine so weit verlangsamte Bewegung, dass man die einzelnen Streifen zählen kann, 3. eine Verschiebung durch Biegung um einige Mikron; diese lässt sich so langsam und so fein ausführen, als es nur verlangt werden kann.

In gleicher Weise wird die zur Einjustierung nötige Neigung durch zwei Arten der Bewegung ermöglicht; die eine zur groben Einstellung geht rasch und in weiten Grenzen vor sich, die andere, zur Feineinstellung, wird wieder durch Biegung bewirkt und erlaubt sehr feine Änderungen in engen Grenzen.

Die Feinverschiebungen erfolgen durch kleine Gummibeutel, welche mit Wasser gefüllt sind und gegen Stahlstücke drücken. Diese Gummibeutel sind durch einen langen Schlauch mit Trichtern verbunden, deren Höhe veränderlich ist und in denen sich Wasser befindet.

Ändert man die Druckhöhe des Wassers, so entsteht in den Beuteln ein verschiedener Druck; diese üben mithin auf die Stahlstücke auch einen wechselnden Druck aus. Diese Anordnung hat folgende Vorteile: Da die Beutel breiter sind als die Metallstücke, gegen welche sie anliegen, so kommt die Spannung des Gummi nicht zur Geltung und der Druck ist nur abhängig von der Höhe der Wassersäule und da diese nur durch die Höhe des Wassergefässes bedingt ist, so ist eine Änderung im Verlaufe einer Beobachtungsreihe nicht zu befürchten. Man kann ferner die Einregulierung so vorsichtig vornehmen, als es irgend nur erwünscht ist und so genau, als man es überhaupt nur bedarf; es ist überdies noch zu berücksichtigen, dass diese Art des Einstellens ohne jede Erschütterung des Systemes erfolgt, was zur Vermeidung von Störungen unbedingt nötig ist.

Dies sind die wesentlichen Teile des Instrumentes. Gehen wir nun zu den Einzelheiten über.

L und L' (Fig. 1) sind die beiden Plattenhalter, auf welchen die versilberten Platten befestigt sind; ein jeder von ihnen ist mit einem Ringe von 40 mm Durchmesser versehen, der am Rande eine Fassung trägt, die ihn ohne

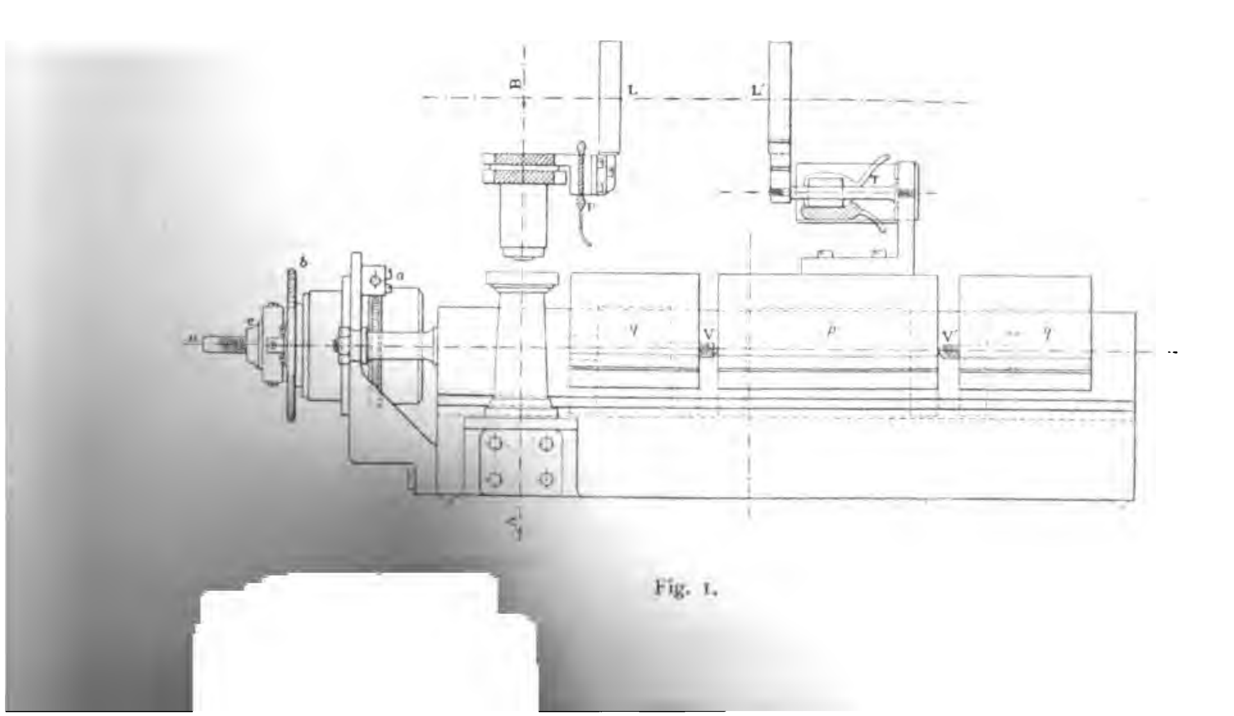


Fig. 1.

Spannung auf dem Plattenträger befestigt. Die Oberfläche, welche die Versilberung trägt, ist so gut plan hergestellt, als es nur möglich ist, die andere braucht es nicht in diesem hohen Grade zu sein. Die Vorder- und Rückfläche einer jeden Platte sind nicht parallel, sondern bilden einen Winkel von etwa 1′ miteinander, um Interferenzen zwischen ihnen zu vermeiden, welche die Erscheinungen, die man beobachten will, nur verwirren würden.

Die zum Einjustieren nötigen Verschiebungen sind auf die beiden Plattenträger folgendermassen verteilt: L (Fig. 2) befindet sich auf der

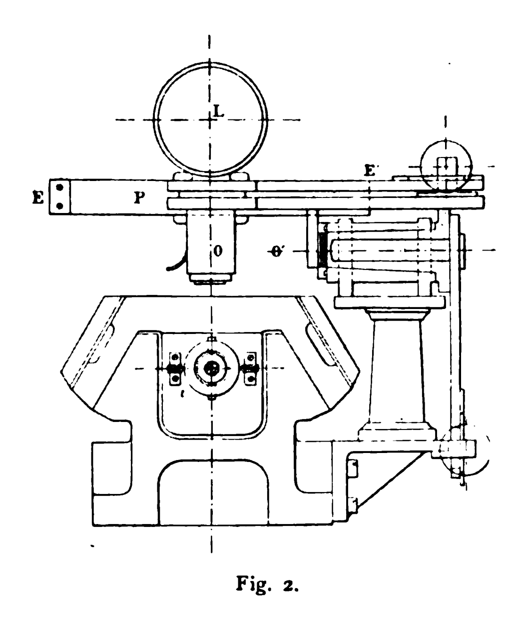


Fig. 2.

Seite des Beobachters und erlaubt die Grobeinstellungen für die Neigungen und sehr feine parallele Verschiebungen. Die ersteren lassen sich durch Drehung um zwei Achsen, eine vertikale, O, und eine horizontale, O', wie bei einem Theodoliten ausführen. Die feine parallele Verschiebung erfolgt durch die Deformation einer starken Stahlfeder P (Fig. 1 und 2), die in der Mitte einerseits an dem Plattenträger, andererseits an der Vertikalachse O des Theodoliten befestigt ist. Die Stahlfeder besteht aus 2 Bändern von je 16 cm Länge, 2 cm Breite und 4 mm Dicke, die an ihren Enden bei E und E' unter Zwischenlage von Keilen miteinander verbunden sind. Die Figuren zeigen den Gummibeutel, der die Verschiebung an seinem richtigen Platze zwischen beiden Bändern bewirkt.

Eine Änderung der Höhe des Wasserbehälters um 1 cm ruft eine Verschiebung von 0,15 μ hervor. Die grösste benutzte Verschiebung hat 20 μ nie überschritten.

Der Plattenträger L' (Fig. 1) erlaubt die Ausführung der Feinverschiebungen zur Herstellung des Parallelismus der beiden versilberten Flächen und die grobe Verschiebung parallel zu einander; letztere kann rasch oder langsam erfolgen. L' sitzt auf dem einen Ende eines Stahlstabes T, auf dem ein Bronze-Vierkant befestigt ist, gegen welches senkrecht zu einander 2 Gummibeutel drücken. Eine Verschiebung von je 1 cm des betreffenden Wasserbehälters bewirkt eine Neigung von 0,25″. Die Einstellung des Parallelismus muss manchmal bis auf etwa 1 mm in der Höhe der Wasserbehälter bewirkt werden.

Zur groben Parallelverschiebung endlich dient ein auf einer Gleitwange beweglicher Schlitten, beide aus Bronze und mit Oberflächen, die, soweit sie aufeinander schleifen, hervorragend genau gearbeitet sind. Die Ver-

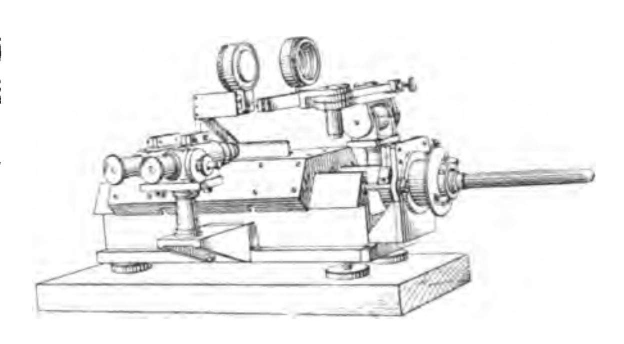


Fig. 3.

schiebung erfolgt nicht durch direkten Antrieb auf das Stück p; es ist vielmehr zwischen 2 kürzeren Schlittenstücken q und q', die miteinander verbunden sind, eingeschlossen, welche es mit Hilfe der beiden Schrauben v und v' mit sich fortbewegen. Die Schrauben lassen dem Mittelstück ein wenig Spiel und wirken auf passend ausgewählte Punkte. Es wird so bewirkt, dass p auf der Gleitwange frei aufsitzt, stets nur mit seinem eigenen Gewichte auf derselben aufruht und dass auf p nur Kräfte wirken, welche eine Verschiebung und nie solche, welche eine Drehung bewirken können. Es ist wohl gerade diesem Kunstgriff zuzuschreiben, dass man die Interferenzstreifen sogar während der Verschiebung verfolgen kann. An den miteinander vereinigten Schlittenstücken q und q' sitzt eine Schraube u, welche in denselben mit einer kardanischen Aufhängung gelagert ist. Die zugehörige Mutter e (Fig. 1), die drehbar ist, wird ebenfalls von einer kardanischen Aufhängung getragen. Seitliche Kräfte, welche aus einem Fehler in der Centrierung entstehen könnten, werden so vermieden. Es können mithin auf das Hauptschlittenstück nur völlig in der Längsrichtung wirkende Kräfte ausgeübt werden. Die Mutter e kann zur raschen Verschiebung mit einem geränderten Kopf, zur

Feineinstellung durch einen Schneckentrieb gedreht werden. In dem letzteren Falle ergiebt eine Umdrehung der Schraube eine Wanderung von ungefähr 15 Streifen, man kann dieselben also zählend verfolgen.

Es ist sehr nützlich, für jede Stellung durch eine einfache Messung den Abstand der beiden versilberten Oberflächen rasch auf einige Mikron genau messen zu können. Hierzu dient ein in $\frac{1}{5}$ mm geteilter Massstab, der auf dem Schlittenstück p sitzt und auf den man ein auf dem Fussstück der Gleitwange befestigtes Mikroskop mit Okularmikrometer einstellen kann. Ein Teil des letzteren entspricht einem Mikron. Als Nullpunkt benutzt man einen bekannten und leicht aufzufindenden Abstand der beiden Platten, z. B. jenen, welcher der ersten Zerlegung der beiden gelben Linien des Quecksilbers entspricht ($= 40\ \mu$).

Um den Apparat erschütterungsfrei aufzustellen, steht derselbe auf einer Platte, welche an 4 Gummibändern hängt; dieselben haben bewegliche Befestigungspunkte, so dass sich dadurch der ganze Apparat horizontal stellen lässt.

So wie der Apparat jetzt konstruiert ist (Fig. 3), ist seine Handhabung eine sehr einfache, bei einer bedeutenden Festigkeit, trotz der verschiedenartigen Regulierfähigkeit, gestattet er ein rasches Arbeiten mit den Interferenzerscheinungen, die wir hier kurz beschrieben haben und ermöglicht eine grosse Reihe interessanter Anwendungen.

Marseille, August 1901.

(Aus dem Französischen übersetzt von Carl Forch.)

(Eingegangen 14. August 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

W. Kaufmann (Göttingen), Die Entwicklung des Elektronenbegriffs.

Meine Herren! Es ist eine nicht ungewöhnliche Erscheinung in der Geschichte der Wissenschaft, dass Anschauungen, die längst für veraltet und überwunden galten, plötzlich, wenn auch in mehr oder weniger modifizierter Form, wieder zu Ansehen gelangen. Ein äusserst interessantes Beispiel für diese Erscheinung bietet die im Laufe des letzten Jahrzehnts eingetretene Umwälzung unserer Anschauungen über die elektrischen Vorgänge, über die zu berichten ich heute die Ehre habe.

Die moderne Theorie der elektrischen und der damit eng verknüpften optischen Erscheinungen, die man unter dem Namen der Elektronentheorie zusammenfassen kann, bedeutet gewissermassen eine Rückkehr zu Anschauungen, wie sie in den 60er und 70er Jahren des vergangenen 19. Jahrhunderts von Wilhelm Weber und von Zöllner ausgesprochen worden sind, — modifiziert durch die Ergebnisse der Maxwellschen und Hertzschen Forschungen. W. Weber fasste die elektrischen Erscheinungen auf als die Wirkung elementarer elektrischer Teilchen, sogen. elektrischer Atome[1]), deren gegenseitige Einwirkung ausser von ihrer Lage auch von ihren relativen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen abhinge.

Wenn es nun auch Weber gelang, mittels seiner Annahme die damals bekannten elektrodynamischen Vorgänge völlig zu beschreiben und sogar eine qualitativ ganz brauchbare Erklärung für die Proportionalität zwischen elektrischer und Wärmeleitung in Metallen, sowie für die Ampèreschen Molekularströme in Magneten zu geben, so war doch seine Theorie weit entfernt davon, Gemeingut der damaligen Physiker zu werden. Der Grund für diesen negativen Erfolg mag wohl in der Thatsache zu suchen sein, dass die meisten Gesetze der Elektrodynamik rein phänomenologisch, in Form von Differentialgleichungen ausgesprochen, sich als viel bequemer und einfacher erwiesen, als die Weberschen Formeln. Hierzu kommt noch, dass Weber gar keinen Versuch macht, die Grösse der von ihm supponierten elektrischen Atome irgendwie zu berechnen und das Rechnungsergebnis durch Anwendung auf andere molekulare Vorgänge zu prüfen. Endlich aber kam hinzu, dass man auf Grund der Arbeiten Faradays und Maxwells schliesslich allgemein zu der Überzeugung gelangte, dass bei den elektrischen und magnetischen Vorgängen an Stelle der unmittelbaren Fernwirkung eine zeitliche Fortpflanzung zu treten habe, eine Forderung, die übrigens Gauss schon 1845 in einem Briefe an Weber stellte, die aber durch das Webersche Gesetz nicht erfüllt wurde. Die bereits in den Jahren 1861—62 entstandenen Abhandlungen Maxwells, die [illegible]

[1]) Gesammelte Werke 4, 279.

in seinem berühmten „Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus" zusammenfasste, sowie die glänzende experimentelle Bestätigung der Maxwellschen Resultate durch H. Hertz vom Jahre 1887 an, schienen geeignet, den Weberschen Anschauungen auch den letzten Rest von Daseinsberechtigung zu nehmen.

In der That stellten die Maxwellschen Formeln, denen ja atomistische Begriffe gänzlich fehlen, die elektrischen Fundamentalerscheinungen ebenso gut dar, wie die älteren, auf Fernwirkung aufgebauten, und die neuentdeckten Hertzschen elektrischen Wellen konnten überhaupt nur durch die Maxwellsche Theorie dargestellt werden.

Es scheint, als ob dieser glänzende Erfolg anfangs die Forscher blind gemacht habe gegen die Unzulänglichkeit der Maxwellschen Theorie den feineren optischen Erscheinungen gegenüber. Nach Maxwell sollten die Lichtschwingungen ja nicht mechanische Schwingungen des Äthers, sondern elektrische Schwingungen sein, und die beiden Konstanten, durch die Maxwell das elektrische und magnetische Verhalten jedes Körpers definierte (die Dielektrizitätskonstante und die Magnetisierungskonstante), mussten auch für sein Lichtbrechungsvermögen massgebend sein. Wenn nun auch die von Maxwell geforderte Beziehung — dass nämlich der optische Brechungsexponent gleich der Quadratwurzel der Dielektrizitätskonstante sein solle — bei manchen Körpern leidlich erfüllt war, so zeigten doch andererseits viele Körper, z. B. das Wasser, so ungeheure Abweichungen, dass sich schon daraus die Theorie in ihrer ursprünglichen Gestalt als ungenügend erweisen musste. Hierzu kam noch die Abhängigkeit des Brechungsexponenten von der Farbe, für welche die ursprüngliche Theorie gar keine Erklärung gab.

Nun hatte nach einem ersten noch ungenügenden Versuch Sellmeiers[1]) im Jahre 1874 H. v. Helmholtz[2]) eine mechanische Theorie der Farbenzerstreuung aufgestellt, deren Grundlage darin besteht, dass den körperlichen Molekülen gewisse Eigenschwingungen zukommen.

Bereits im Jahre 1880, also zu einer Zeit, wo man in Deutschland noch kaum an die Maxwellsche elektromagnetische Lichttheorie glaubte, zeigte H. A. Lorentz[3]), dass man die Grundlagen zu einer elektromagnetischen Dispersionstheorie ganz analog der früheren mechanischen Theorie erhalten könne, wenn man jedes Molekül als Ausgangspunkt elektrischer Schwingungen bestimmter Periode ansehe. Es heisst dort: „Es mögen sich in einem jeden Körperteilchen mehrere mit Elektrizität geladene materielle Punkte befinden, von denen jedoch nur einer mit der Ladung e und der Masse μ beweglich sei." Mit Hilfe dieser Grundannahme schwingungsfähiger geladener Teilchen leitet H. A. Lorentz dann die Dispersionsgleichungen ab.

1) Pogg. Ann. **145**, 399 u. 520; **147**, 386 u. 525, 1872.
2) Berl. Ber. 1874. 667. Pogg. Ann. **154**.
3) Verhandl. - Akad. v. Wetensch., Amsterdam, 18. Wied. Ann. **9**, 641, 1880.

Die nächste Frage ist nunmehr: Wie kommen wir dazu, in einem jeden durchsichtigen Körper das Vorhandensein elektrischer Teilchen anzunehmen? Die Antwort giebt uns ein Erscheinungsgebiet, das ebenfalls in die Maxwellsche Theorie nur schwer hineinpassen wollte und deshalb fast stets nach der alten Anschauungsweise behandelt wurde. Ich meine die Vorgänge bei der Elektrolyse. Wenn der elektrische Strom einen Elektrolyten durchfliesst, so werden nach dem Faradayschen Gesetz von jeder Stromeinheit chemisch äquivalente Mengen an den Elektroden ausgeschieden; man kann also den Vorgang so auffassen, als wenn jede chemische Valenz eines jeden im Elektrolyten wandernden Ions mit einer ganz bestimmten unveränderlichen positiven oder negativen Elektrizitätsmenge verbunden sei.

In einer zum Gedächtnis M. Faradays im Jahre 1881 gehaltenen Rede weist nun H. v. Helmholtz[1]) darauf hin, dass wir aus dem Faradayschen Gesetz mit Notwendigkeit auf die Existenz elektrischer Atome schliessen müssen. Da nämlich die geladenen chemischen Atome, von Faraday als Ionen — d. h. die Wandernden — bezeichnet, an den Elektroden als neutrale Körper ausgeschieden werden, so muss dort eine Abgabe der Ladungen oder ein teilweiser Austausch gegen Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens stattfinden. Während dieses Vorgangs, der ja nicht momentan stattfinden kann, müssen also die Ladungen, wenigstens für eine kurze Zeit, eine selbständige Existenz führen können; was liegt näher, als diese stets gleiche Ladungseinheit einer Valenz als ein Elementarquantum der Elektrizität, als ein elektrisches Atom zu betrachten. Und wenn ein neutrales Molekül, etwa $NaCl$ (Chlornatrium) beim Auflösen in Wasser in + geladenes Na und — geladenes Cl zerfällt, so ist das Wahrscheinlichste, dass das Na- und das Cl-Atom jedes seine Ladung schon vorher hatte, und dass diese Ladungen nach aussen bloss deshalb unbemerkbar blieben, weil + und — Ladung gleich gross waren. Denkt man sich nun aber einen Lichtstrahl einen $NaCl$-Krystall durchsetzend, so müssen die Ladungen resp. die mit ihnen verbundenen Atome in Schwingungen geraten und die Lichtbewegung beeinflussen. Die elektrolytischen Valenzladungen sind es also, die wir als die in den

1) Journ. chem. Soc. Juni 1881. Vortr. u. Reden **2**, 275.

durchsichtigen Körpern mitschwingenden elektrischen Teilchen zu betrachten haben, und deren Anziehungskräfte, wie Helmholtz nachwies, jedenfalls auch den weitaus grössten Teil der chemischen Verwandtschaftskräfte ausmachen.

Wenn nun auch, wie vorhin erwähnt, der Grundriss zu dem Gebäude der elektromagnetischen Lichttheorie schon im Jahre 1880 von H. A. Lorentz, ja andeutungsweise noch viel früher von W. Weber gezeichnet worden war, so bedurfte es doch eines vollen Jahrzehnts, bis man, angeregt durch die inzwischen erfolgten Entdeckungen Heinrich Hertz', begann, die Bausteine zusammenzutragen und zu bearbeiten. In den Jahren 1890—1893 erschienen eine Reihe von Arbeiten von F. Richarz[1]), H. Ebert[2]) und G. Johnston Stoney[3]), welche sich grossenteils mit dem Mechanismus der Lichtemission leuchtender Dämpfe befassen, und in denen auf Grund der Ergebnisse der kinetischen Gastheorie versucht wird, die Grösse des von v. Helmholtz supponierten elektrischen Elementarquantums, für das Stoney den jetzt allgemein gebräuchlichen Namen Elektron vorschlug, zu bestimmen.

Das Resultat dieser Rechnungen ist insofern von Wichtigkeit, als es uns zeigt, dass die ermittelten Zahlen jedenfalls keine Widersprüche mit anderen Erfahrungen enthalten.

So zeigte z. B. H. Ebert[4]), dass die Schwingungsamplitude eines Elektrons im leuchtenden Natriumdampf nur ein kleiner Bruchteil des Molekulardurchmessers zu sein braucht, um eine Strahlung von der durch E. Wiedemann[5]) experimentell bestimmten absoluten Intensität zu erregen.

Der Weg zur Berechnung der im Elektron enthaltenen Elektrizitätsmenge ist ein sehr einfacher. Die zur elektrolytischen Ausscheidung von 1 ccm irgend eines einatomigen Gases nötige Elektrizitätsmenge wird dividiert durch die Loschmidtsche Zahl, d. h. die Zahl der in 1 ccm enthaltenen Gasmoleküle. Bei der Unsicherheit dieser letzteren Zahl kann man nur sagen, dass ein Elektron etwa 10^{-10} (1 : 10 Milliarden) elektrostatische Einheiten enthält. Der Wert dieser Zahl wäre ein sehr problematischer, wenn nicht eine ganze Reihe anderer, von der skizzierten gänzlich verschiedener Methoden, auf die zum Teil noch später einzugehen sein wird, zu ganz ähnlichen Werten geführt hätte.

Während so dargethan wurde, dass die beobachteten Erscheinungen mit der Annahme schwingender Ionenladungen der Grössenordnung nach verträglich waren, erschienen unabhängig voneinander zwei Arbeiten, durch die die elektromagnetische Lichttheorie zum vollendeten Gebäude wurde. Von diesen Arbeiten beschäftigt sich die eine, von H. v. Helmholtz[1]) herrührend, nur mit der speziellen Frage der Farbenzerstreuung in absorbierenden Medien; die andere, deren Verfasser H. A. Lorentz[2]) ist, geht bedeutend weiter. Hier wird gezeigt, wie man durch die Annahme mitschwingender geladener Teilchen in den lichtdurchlässigen Körpern auch alle Schwierigkeiten aus dem Wege räumt, die sich einer genügenden Erklärung der Lichtfortpflanzung in bewegten Körpern, z. B. der Aberration des Sternenlichts, entgegenstellten. Die Lorentzsche Theorie lässt die Maxwellschen Gleichungen für den freien Äther unverändert bestehen. Ein materieller Körper beeinflusst die optischen wie die elektrischen Vorgänge nur durch die in ihm vorhandenen beweglichen Ladungen, während in dem die Zwischenräume erfüllenden Äther alles unverändert bleibt. Eine „Dielektrizitätskonstante", wie bei Maxwell, giebt es also als Grundbegriff bei Lorentz nicht mehr. Sie wird hier zu einem abgeleiteten Begriff; und man sieht auch unmittelbar, dass sie für schnelle Schwingungen, bei denen die Trägheit der schwingenden Ladungen in Betracht kommt, gar keine Bedeutung mehr hat. Dasselbe gilt mutatis mutandis auch für die Magnetisierungskonstante.

Es hätte bei der Leichtigkeit, mit der die Lorentzsche Theorie allein schon die Dispersions- und Aberrationserscheinungen erklärt, kaum noch eines direkten Beweises ihrer Richtigkeit bedurft. Gleichwohl sollte auch dieser nicht ausbleiben.

Im Jahre 1896 entdeckte ein Schüler Lorentz', P. Zeeman[3]), eine Erscheinung, deren Existenz schon Faraday (1862) vergeblich gesucht hatte: Bringt man einen leuchtenden Dampf, etwa eine *Na*-Flamme, in ein starkes Magnetfeld, so zeigen die Spektrallinien des Dampfes eigentümliche Veränderungen, je nach der Sehrichtung im wesentlichen in einer Verdoppelung oder Verdreifachung bestehend; Änderungen, die sich auf Grund der Lorentzschen Theorie völlig voraussagen lassen.

Das Zeemansche Phänomen erlaubte es ferner, die mit den schwingenden Ladungen verbundene träge Masse zu bestimmen; und da ergab [illegible] at, das ein wenig frappant

1) Sitz.-Ber. Niederrh. Ges. f. Naturk. **47**, 113, 1890; **48**, 18, 1891; Wied. Ann. **52**, 385, 1894.
2) Arch. de Genève (3) **25**, 489, 1891; Wied. Ann. **49**, 651, 1893.
3) Trans. Roy. Dubl. Soc. (2) **4**, 563, 1891.
4) Arch. d. Gen. (3) **25**, 489, 1891.
5) Wied. Ann. **37**, 177. 248, 1889.

[illegible] Leiden, E. J. Brill. 1892.
[illegible] 1896.

ist: das schwingende Elektron ist stets negativ geladen, während das positive festliegt; das Verhältnis von Ladung zu Masse beträgt 17 Millionen E. M. E.[1]) pro Gramm; da nun ein Gramm Wasserstoff, d. h. eine Grammvalenz nur 9650 E. M. E. enthält, so folgt daraus, dass die mit dem schwingenden Elektron verbundene Masse nur etwa den zweitausendsten Teil eines Wasserstoffatoms beträgt. Die anfänglich meist stillschweigend eingeführte Annahme, dass das ganze Ion, d. h. chemisches Atom plus Valenzladung, schwinge, muss also fallen gelassen werden; wir müssen vermuten, dass die Ladung, ebenso wie bei der elektrolytischen Ausscheidung an den Elektroden einer Zersetzungszelle, so auch im lichtemittierenden Molekül eine selbständige Beweglichkeit hat, und dass die beim Zeeman-Phänomen in Betracht kommende Masse eben die des Elektrons selbst ist.

Damit wären wir denn zu einer Anschauung gelangt, die sich nahezu mit der alten Weberschen Annahme deckt, mit dem wichtigen Unterschiede allerdings, dass an Stelle der unmittelbaren Fernwirkung die vermittelte, durch den Äther fortgepflanzte Wirkung getreten ist und dass wir jetzt eine ganz bestimmte zahlenmässige Vorstellung von der Grösse der elektrischen Atome besitzen. Und noch ein Unterschied gegen Weber muss hier hervorgehoben werden. Weber nahm auf gut Glück hin in seinen theoretischen Betrachtungen stets die positiven Teilchen als die frei beweglichen an. Wir haben jetzt auf Grund des Zeeman-Effektes stets den negativen diese Stellung einzuräumen. Es hat sich ergeben, dass auch bei allen sonstigen Phänomenen, bei denen die Elektronen in Betracht kommen und von denen wir noch einige nachher werden kennen lernen, stets das negative Elektron als frei beweglich auftritt. Woher diese merkwürdige Einseitigkeit stammt, ob es gelingen wird, einmal auch das freie positive Elektron nachzuweisen, oder ob wir vielleicht an Stelle der dualistischen eine unitarische Auffassung der Elektrizität treten lassen müssen? darüber müssen wir die Entscheidung der Zukunft überlassen.

Der eben skizzierten Entwicklung des Elektronenbegriffs auf dem Gebiete der Lichttheorie folgte sehr bald eine ganz entsprechende auf einem rein elektrischen Erscheinungsgebiete:

Die elektrischen Entladungen in Gasen hatte man schon lange versucht, als einen der Elektrolyse verwandten Prozess zu betrachten. W. Giese[2]) ist es, der zuerst dieser Hypothese durch Untersuchung der Leitung in Flammengasen eine gewichtige Stütze verlieh und auch versuchte, die Leitung in Metallen durch Wanderung von Ionen zu erklären.

1) Abkürzung für: Elektromagnetische Einheiten.

2) Wied. Ann. **17**, 1; 236, 519, 1882; **37**, 576, 1889; **38**, 403, 1889.

Vor allem waren es aber die sogen. Kathodenstrahlen, denen man, zum Teil infolge der zu Ende 1895 erfolgten Entdeckung der Röntgenstrahlen, jetzt wieder die grösste Aufmerksamkeit zuwandte. — Plücker[1]) und Hittorf[2]) haben zuerst die eigentümliche grüne Fluoreszenz der Glaswände in sehr stark evakuierten Entladungsröhren genauer studiert. Im Laufe weiterer Untersuchungen, bei denen sich namentlich E. Goldstein[3]) sehr verdient gemacht hat, zeigte sich, dass es sich hierbei um eine eigentümliche Strahlenart handeln müsse, die von der negativen Elektrode, der Kathode der Röhre, ausgehe und für die Goldstein deshalb den Namen „Kathodenstrahlen" vorschlug. Das Verhalten dieser Strahlen im Magnetfelde, ihre Wärmewirkungen, ihre vermeintlichen mechanischen Wirkungen versuchte Crookes[4]) durch die Annahme zu erklären, diese Strahlen beständen aus Gasmolekülen, die an der Kathode negativ geladen, von dieser wie beim elektrischen Kugeltanz abgestossen und in den Röhrenraum hineingeschleudert würden. Es liessen sich auch thatsächlich die meisten beobachteten Erscheinungen durch diese Hypothese ganz leidlich deuten.

Genauere Untersuchungen, namentlich zahlenmässige Prüfungen erwiesen jedoch sehr bald die Unhaltbarkeit der Crookesschen Hypothese, wenigstens in ihrer ursprünglichen Form. Leider hat man dabei, namentlich in Deutschland, das Kind mit dem Bade ausgeschüttet; man hat die ganze Hypothese verworfen, weil die ganz spezielle Vorstellung, dass es sich um durch Kontakt geladene Moleküle handele, sich als falsch erwies. Aber man war nicht im stande, etwas Besseres an die Stelle zu setzen; je mehr Thatsachenmaterial angehäuft wurde, desto rätselhafter wurden die Kathodenstrahlen, und schliesslich kam es so weit, dass es fast als eines anständigen Physikers unwürdig galt, sich mit diesen einer quantitativen und theoretischen Behandlung so unzugänglichen Erscheinungen zu beschäftigen. Da kam plötzlich, von allem Rätselhaften das Rätselhafteste: die Entdeckung der X-Strahlen durch Röntgen und damit ein neuer Sporn, die Lösung der vielen Fragen in Angriff zu nehmen. Die aufgewandte Mühe sollte bald von Erfolg gekrönt werden:

1) Pogg. Ann. **105**, 17, 1858.

2) Pogg. Ann. **136**, 1, 1869.

3) Über eine neue Art elektr. Abstossung. Berlin 1880.

4) Strahlende Materie oder der 4. Aggregatzustand. Leipzig 1882.

Die Untersuchungen von E. Wiechert,[1]) W. Kaufmann und E. Aschkinass,[2]) W. Kaufmann,[3]) J. J. Thomson,[4]) W. Wien,[5]) Ph. Lenard,[6]) Th. Des Coudres[7]) ergaben übereinstimmend, dass es nur einer Umänderung der Crookesschen Hypothese bedürfe, um zu einer widerspruchsfreien Erklärung fast aller Erscheinungen zu gelangen: Man braucht die Kathodenstrahlen bloss als geladene Massenteilchen zu betrachten, die viel kleiner sind, als die gewöhnlichen Atome. Eine ganze Reihe von messbaren Eigenschaften der Kathodenstrahlen ermöglicht es zu bestimmen, wie gross bei diesen Teilchen die Ladung pro Grammmasse ist. Das Resultat war zwar bei verschiedenen Beobachtern etwas verschieden, es schwankt zwischen 7 und 19 Millionen El. M. Einheiten pro Gramm; jedenfalls aber liegen diese Zahlen den beim Zeemaneffekt gefundenen so nahe, dass man unbedingt der zuerst wohl von E. Wiechert[8]) ausgesprochenen Hypothese beistimmen kann, dass wir es in beiden Fällen mit denselben Teilchen, nämlich den Elektronen, zu thun haben: Wir haben also in den Kathodenstrahlen die Elektronen, die in den optischen Erscheinungen ein ziemlich verborgenes Dasein führen, sozusagen leibhaftig vor uns.

In einfacher Weise liessen sich jetzt eine Reihe von Folgeerscheinungen erklären. Ein solches mit ungeheurer Geschwindigkeit, nach direkten Messungen Wiecherts,[9]) je nach der angewandten Kraft mit 1/5 bis 1/3 der Lichtgeschwindigkeit, fliegendes Elektron, muss, wenn es auf einen festen Körper aufprallt, notwendig eine explosionsartige elektrische Welle in den Raum hinaussenden, genau wie ein aufschlagendes Projektil eine Schallwelle; wir haben triftige Gründe zu der Annahme, dass die Röntgenstrahlen solche Wellen seien. Weiter: wenn die Elektronen aus der Oberfläche der Kathode herausfliegen, so müssen sie auch schon in ihrem Innern sich an die Oberfläche heranbewegt haben; d. h. die elektrische Leitung im Metalle besteht wohl auch in einer Wanderung von Elektronen. Während also im flüssigen Elektrolyten das Elektron stets an ein materielles Atom gebunden als „Ion" erscheint, haben wir es im Metall mit frei wandernden Elektronen zu thun.

1) Sitz.-Ber. phys. ökon. Gesellsch. Königsberg 1897. S. 1; Naturwiss. Rundsch. Mai 1897; Gött. gel. Nachr. 1898. S. 260.
2) Wied. Ann. **62**, 588, 1897.
3) Wied. Ann. **61**, 544, 1897; **62**, 596, 1897; **65**, 431, 1898; **66**, 649, 1898.
4) Phil. Mag. (5) **44**, 293, 1897.
5) Verhdl. physik. Ges. Berlin **16**, 165, 1897.
6) Wied. Ann. **64**, 279, 1898; **65**, 504, 1898.
7) Verhdl. physik. Ges. Berl. [illegible]
8) Göttinger Nachrichte [illegible]
9) Göttinger Nachrichte [illegible]

Diese Elektronentheorie der Metalle, als deren ersten Urheber wir ja auch schon W. Weber zu betrachten haben, ist neuerdings durch E. Riecke[1]) und P. Drude[2]) mathematisch so weit durchgearbeitet worden, dass sie eine Prüfung an Hand der Erfahrung gestattet; es ergab sich namentlich für das Verhältnis zwischen elektrischer und Wärmeleitung der Metalle eine Zahl, die mit den Beobachtungen auf wenige Prozent genau übereinstimmt; auch das optische Verhalten der Metalle scheint, soweit die Beobachtungen reichen, mit dieser Theorie in guter Übereinstimmung zu stehen; und von Ph. Lenard[3]) ist gezeigt worden, dass durch Bestrahlung einer Metallfläche mit ultraviolettem Lichte die Elektronen des Metalles in so starkes Mitschwingen versetzt werden können, dass sie mit grosser Geschwindigkeit von der Oberfläche fortfliegen und dann ein ganz ähnliches Verhalten zeigen, wie die gewöhnlichen, durch Entladungen erzeugten Kathodenstrahlen.[4])

Betrachten wir endlich die Leitung in einem beliebigen Gase, das wir durch Bestrahlung mit Röntgenstrahlen oder ultraviolettem Licht, oder auch durch starke Erhitzung leitend gemacht haben, so zeigt sich auch hier, dass eine einwandfreie Erklärung der zahlenmässigen Resultate, wie sie namentlich von J. J. Thomson und seinen Schülern erhalten worden sind, nur unter der Annahme wandernder Teilchen im Gase möglich ist; aus gewissen Unterschieden im Verhalten der positiven und negativen Teilchen bei diesen Vorgängen scheint hervorzugehen, dass die negativen Teilchen hauptsächlich freie Elektronen sind, von denen jedoch die meisten nach kurzer Wanderung von Gasmolekülen aufgefangen werden, und durch diese beschwert, einen grossen Teil ihrer ursprünglichen Beweglichkeit verlieren. Die positiven Teilchen bestehen dann aus dem nach Abspaltung eines negativen Elektrons vom Molekül noch übrig bleibenden Rest. Die soeben skizzierte Anschauungsweise beseitigt völlig einen Einwand, durch den man früher manchmal die Ionentheorie der leitenden Gase zu widerlegen glaubte. Wie kann, so sagte man, ein einatomiges Gas, wie z. B. Quecksilberdampf, sich in Ionen dissoziieren? In elektrolytische Ionen allerdings nicht, wohl aber in ein positiv geladenes Atom und ein negatives Elektron. Beide zusammen bilden erst das neutrale einatomige Molekül. Durch Beobachtung leitender Gase ist es sogar J. J.

1) Wied. Ann. **66**, 353. 545, 1199, 1898.
2) Ann. der Physik **1**, 566. 1900; **3**, 369, 1900.
3) Wiener Ber. **108** (IIa), 1649, 1899.
4) Über ein ganz analoges Phänomen bei Bestrahlung einer Metallfläche mit Röntgenstrahlen von E. Dorn, Arch. néerl. 1900, S. 595 (Lorentz, Jubelband).

Thomson[1]) gelungen, die absolute Grösse der Ladung eines einzelnen Jons direkt zu messen, wobei sich eine ganz gute Übereinstimmung mit dem früher besprochenen Werte des Elementarquantums ergab. Fügen wir noch hinzu, dass neuerdings noch auf einem dritten, völlig unabhängigen Wege, aus den Strahlungsgesetzen des sogen. „schwarzen Körpers" von M. Planck[2]) ein nahezu gleichgrosser Wert des Elektrons gefunden worden ist.

Überall also, in sämtlichen Aggregatzuständen, spielen die Elektronen bei den elektrischen und optischen Vorgängen ihre wichtige Rolle; sie sind die kleinsten bisher bekannten Bestandteile unserer sichtbaren Welt; ihr Auftreten auch bei Abwesenheit äusserer elektrischer oder optischer Einwirkungen, d. h. der direkte Nachweis ihrer ständigen Existenz, würde gleichsam den Schlussstein in dem logischen Gebäude bilden, dessen Entstehung ich versucht habe, vor Ihnen aufzuführen; auch nach diesem Schlussstein brauchen wir nicht lange zu suchen:

Kurz nach der Entdeckung der Röntgenschen X-Strahlen fand Becquerel,[3]) dass Uranverbindungen dauernd, ohne äussere Einwirkung, eine Strahlenart aussenden, die mit den Röntgenstrahlen grosse Ähnlichkeit hat, und G. C. Schmidt[4]) zeigte später, dass auch Thoriumverbindungen ähnliche Strahlen aussenden. Weitere Untersuchungen, namentlich seitens des Physikerpaares Curie[5]) ergaben, dass diese Strahlen nicht von dem Uran selbst ausgingen, sondern von gewissen Beimengungen, die durch ein äusserst mühseliges Fraktionierungsverfahren vom Uran getrennt und schliesslich so konzentriert werden können, dass sie etwa 50000 mal stärker strahlen als das Uran. Es scheint, dass in dem Endprodukt, das im wesentlichen aus einem Baryumsalze besteht, ein neues Element enthalten sei, dem man den Namen Radium — das Strahlende — gegeben hat, womit freilich noch keineswegs bewiesen ist, dass gerade dieses neue Element der Ausgangspunkt der Strahlung ist. Von diesen Becquerelstrahlen nun, die man anfangs für nahe verwandt mit den Röntgenstrahlen hielt, fand Giesel[6]) und bald darauf Becquerel, dass sie magnetisch ablenkbar und somit viel eher mit den Kathodenstrahlen in Parallele zu stellen seien. Nachdem von Dorn[7]) und Becquerel auch die elektrische Ablenkbarkeit festgestellt und, wenn auch nur roh, gemessen war, konnte man für diese Strahlen auch die Geschwindigkeit und die Ladung pro Masseneinheit berechnen, wobei sich der Grössenordnung nach Übereinstimmung mit den bei Kathodenstrahlen erhaltenen Zahlen ergab. Aus neuesten genaueren Versuchen des Referenten, scheint sogar eine völlige Übereinstimmung hervorzugehen.

Wir haben somit in den Radiumsalzen eine Körperklasse, die im stande ist, von selbst, ohne jede äussere Einwirkung, Elektronen auszuschleudern. Wir stehen bezüglich der Energiequelle sowie des ganzen Mechanismus dieser Erscheinung noch vor einem völligen Rätsel, zumal es sich hier um Geschwindigkeiten zu handeln scheint, die fast gleich der Lichtgeschwindigkeit sind, Geschwindigkeiten, die wir durch elektrische Kräfte, d. h. bei wirklichen Kathodenstrahlen sicher nur nach Überwindung der enormsten Schwierigkeiten erreichen können.[1]) Gerade das Verhalten der Elektronen bei solch ungeheuren Geschwindigkeiten scheint aber geeignet, über die tiefgehendsten Fragen nach der Konstitution der Elektronen Aufschluss zu geben. Vor allen Dingen lässt sich durch direkte Messung entscheiden, ob die Masse der Elektronen vielleicht nur „scheinbare", durch elektrodynamische Wirkungen vorgetäuscht ist.[2]) Die bislang angestellten Versuche sprechen thatsächlich für die Annahme einer „scheinbaren" Masse.

Und hiermit kommen wir zu einer Frage, die tief hineingreift in den Bau der Materie überhaupt:

Wenn ein elektrisches Atom bloss vermöge seiner elektrodynamischen Eigenschaften sich genau so verhält, wie ein träges Massenteilchen, ist es dann nicht möglich, überhaupt alle Massen als nur scheinbare zu betrachten? Können wir nicht statt all der unfruchtbar gebliebenen Versuche, die elektrischen Erscheinungen mechanisch zu erklären, nun umgekehrt versuchen, die Mechanik auf elektrische Vorgänge zurückzuführen? Wir kommen hier wieder auf Anschauungen zurück, die schon von Zöllner, vor 30 Jahren, kultiviert wurden und neuerdings von H. A. Lorentz, J. J. Thomson und W. Wien wieder aufgenommen und verbessert worden sind: Wenn alle materiellen Atome aus einem Konglomerat von Elektronen bestehen, dann ergiebt sich ihre Trägheit ganz von selbst.

Zur Erklärung der Gravitation muss noch angenommen werden, dass die Anziehung zwischen ungleichartigen Ladungen etwas grösser sei als die Abstossung zwischen gleichartigen.

1) Phil. Mag. (5) **46**, 528, 1898.
2) Ann. der Physik **4**, 564, 1901.
3) Compt. rend. **122**, 420, 1896.
4) Wied. Ann. **65**, 141, 1898.
5) Compt. rend. **127**, 175, 1898; **129**, 714, 823, 1899.
6) Wied. Ann. **69**, 91, 834, 1899; Physik. Ztschr. I, 16, 1899.
7) Abh. naturf. Ges Halle **22**, 1900.

1) Des Coudres, Arch. néerl. (Lorentz-Jubel[illegible], S. 653).
2) Des Coudres, Verhdl. phys. G[illegible] 60, 1898.

Ein experimentum crucis für diese Anschauung wäre der Nachweis einer zeitlichen Fortpflanzung der Gravitation resp. ihrer Abhängigkeit nicht bloss von der Lage, sondern auch von der Geschwindigkeit der gravitierenden Körper.[1])

Die Elektronen wären dann also die von so manchem gesuchten „Uratome", durch deren verschiedenartige Gruppierung die chemischen Elemente gebildet werden; der alte Alchimistentraum von der Umwandlung der Elemente wäre dann der Wirklichkeit bedeutend näher gerückt. Man könnte etwa annehmen, dass unter den unzähligen möglichen Gruppierungen der Elektronen nur eine relativ beschränkte Anzahl genügend stabil ist, um in grösseren Mengen vorzukommen; diese stabilen Gruppierungen wären dann die uns bekannten chemischen Elemente. Durch eine mathematische Behandlung dieser Fragen wird es vielleicht einmal gelingen, die relative Häufigkeit der Elemente als Funktion ihres Atomgewichts darzustellen und vielleicht auch noch manches andere Rätsel des periodischen Systems der Elemente zu lösen.

1) W. Wien, Arch. néerl. (Lorentz-Jubelband 1900, S. 101).

Werfen wir noch einen Blick von der Erde fort in den Weltraum hinaus, so sehen wir auch dort so manche Erscheinung, auf die man nicht ohne Aussicht auf Erfolg versucht hat, die Elektronentheorie anzuwenden; die Sonnenkorona, die Kometenschweife und die Nordlichter gehören hierher.

Mag auch noch manches hierbei etwas zu hypothetisch erscheinen, so viel dürfte wohl aus dem Gesagten klar hervorgehen, dass die Elektronen, diese winzigen Teilchen, deren Grösse sich zu der eines Bazillus etwa verhält, wie diejenige eines Bazillus zur gesamten Erdkugel, und deren Eigenschaften wir doch mit grösster Präzision zu messen vermögen, dass diese Elektronen eine der wichtigsten Grundlagen unseres gesamten Weltgebäudes bilden.

(Eingegangen 25. September 1901.)

REFERATE.



Geophysik.

Besorgt von Prof. Dr. E. Wiechert.



F. R. Helmert, Der normale Teil der Schwerkraft im Meeresniveau. Sitzungsbericht der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, math.-phys. Kl., 14. März 1901.

Auf der allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung zu Paris im September 1900 legte Helmert eine kritische Zusammenstellung aller ihm zugänglichen Ergebnisse der Beobachtungen mit Pendelapparaten für relative Schwerebestimmungen vor. In vorliegender Abhandlung giebt er einige Rechnungsergebnisse für den normalen Teil der Schwerkraft im Meeresniveau an; Ausführlicheres ist zu finden in den „Verhandlungen der allgemeinen Konfer. der Internat. Erdmessung zu Paris 1900" und wird bald zu finden sein in einer von Helmert in Aussicht genommenen Zusammenstellung aller Bestimmungen, verbunden mit deren eingehenden Diskussion.

Helmert hat gegen 1400 Werte der Beschleunigung g der Schwerkraft zu seinen Untersuchungen über die Grösse der Beschleunigung [illegible] des Ortes zusammengefasst. Be[illegible] Werte von g, welche auf Fest[illegible]stationen erlangt sind, fort[illegible] für kleine, von tiefem Wasser umgebene Inseln. Alle Messungen sind nach dem Kondensationsverfahren so auf das Meeresniveau reduziert, als befänden sich ausserhalb des letzteren keine Massenteile des Erdkörpers; dieses Verfahren entspricht auch den zahlreichen Messungsergebnissen von v. Sterneck.

Nur auf hohen Berggipfeln angestellte Messungen, welche systematisch beeinflusst sind, wurden fortgelassen. Der zusammenfassenden Reduktion aller Werte von g liegt das „Wiener System" zu Grunde, d. h. die im Wiener Militär-Geographischen Institute gebräuchliche Annahme für g, die nach Massgabe der absoluten Bestimmung der Grösse der Schwerkraft durch v. Oppolzer erfolgt ist. Es wurde zunächst für alle Stationen der normale Teil der Beschleunigung der Schwerkraft im Meeresniveau berechnet und zwar nach der Formel:

$$\gamma_0 = 978{,}000 \text{ cm } (1 + 0{,}005310 \sin^2 \Phi) \text{ oder}$$
$$\gamma_0 = 980{,}597 \text{ cm } (1 - 0{,}002648 \cos 2 \Phi)$$
$$(\Phi = \text{geogr. Breite}).$$

Die Abweichungen der beobachteten und auf das Meeresniveau reduzierten g gegen γ_0 wurden für Küsten- und Festlandsstationen getrennt, aber ohne Unterschied der nördlichen und südlichen Erdhälfte für Zonen zwischen den Parallelkreisen von 0°, 10°, 20° . . . . 80° Breite gemittelt. Aus diesen Differenzen leitet Helmert für obige

Formeln Verbesserungen der Konstanten ab und berücksichtigt zugleich noch eine Kugelfunktion vierten Ranges mittels eines in $\sin^2 2\Phi$ multiplizierten Gliedes. Da sich aus der Rechnung selbst der Koeffizient dieses Gliedes ganz unsicher ergiebt, führt er für diesen den bei Annahme hydrostatischer Schichtung der Erdmasse von E. Wiechert 1897 (und bei anderer Annahme über die Massenverteilung auch von G. H. Darwin 1899 fast ebenso gross) gefundenen Wert von $-0{,}000007$ ein. Folgende Zusammenstellung für Festland, Küstenland und für beide gemittelt zeigt die Gestalt des Ausdruckes mit selbständig gefundenem und mit dem Wiechertschen Koeffizienten:

$\mathfrak{G}$ ist der Wert in 45^0 Breite, (vv) die Quadratsumme der Verbesserungen, M der mittlere Fehler einer Gleichung.

F $\gamma_0 = 978{,}036(1 + 0{,}005296 \sin^2\Phi + 0{,}000010 \sin^2 2\Phi)$ $\mathfrak{G} = 980{,}636$, $(vv) = 803$, $M = \pm 13$

$\gamma_0 = 978{,}044(1 + 0{,}005301 \sin^2\Phi - 0{,}000007 \sin^2 2\Phi)$ $\mathfrak{G} = 980{,}629$, $(vv) = 1082$, $M = \pm 13$

K $\gamma_0 = 978{,}049(1 + 0{,}005302 \sin^2\Phi - 0{,}000013 \sin^2 2\Phi)$, $\mathfrak{G} = 980{,}629$, $(vv) = 577$, $M = \pm 11$

$\gamma_0 = 978{,}047(1 + 0{,}005300 \sin^2\Phi - 0{,}000007 \sin^2 2\Phi)$, $\mathfrak{G} = 980{,}632$, $(vv) = 620$, $M = \pm 10$

Mittel $\gamma_0 = 978{,}044(1 + 0{,}005300 \sin^2\Phi - 0{,}000002 \sin^2 2\Phi)$, $\mathfrak{G} = 980{,}634$ $(vv) = 638$, $M = \pm 11$

$\gamma_0 = 978{,}046(1 + 0{,}005302 \sin^2\Phi - 0{,}000007 \sin^2 2\Phi)$, $\mathfrak{G} = 980{,}632$, $(vv) = 689$, $M = \pm 11$

Man sieht hieraus, dass die Einführung der Wiechertschen Konstante für die Verminderung der Unterschiede zwischen den Hauptkonstanten in den Gleichungen für Festland und Küste von günstigem Einfluss gewesen ist.

Helmert giebt noch eine Relation an zwischen den Änderungen dg der Zonenwerte und den entsprechenden Änderungen der Konstanten. Es zeigt sich hierbei ferner, dass es für den Koeffizienten von $\sin^2\Phi$ fast einerlei ist, ob man, wie es Helmert gethan hat, den Zonenwerten gleiches Gewicht oder Gewichte proportional $\cos\Phi$, im Sinne einer Entwickelung von g nach Kugelfunktionen, beilegt. Nach einer Vergleichung mit der aus Iwanows Formel (1898) für die Länge des einfachen Sekundenpendels abgeleiteten Gleichung für γ_0, bei welcher sich die sehr geringen Abweichungen zwischen den Iwanowschen und Helmertschen Konstanten zum grössten Teile dadurch erklären lassen, dass der erstere die Beobachtungen auf kleinen ozeanischen Inseln mit berücksichtigt hat, giebt Helmert noch die Abplattung des zu der normalen Schwerkraft gehörenden Normalsphäroides an. Er findet dieselbe aus den 3 Gleichungen für Festlands-, Küsten- und gemittelten Beobachtungen zu $\frac{1}{a} = 298{,}3$, $298{,}1$, $298{,}3$, mit selbstgefundenem Koeffizienten für $\sin^2 2\Phi$ und $\frac{1}{a} = 298{,}2$, $298{,}1$, $298{,}3$ mit dem Wiechertschen Koeffizienten.

Als Endresultat ergiebt sich für den normalen Teil der Schwerkraft im Meeresniveau im Wiener System der Ausdruck:

$$\gamma_0 = 978{,}046 \text{ cm} (1 + 0{,}005302 \sin^2\Phi - 0{,}000007 \sin^2 2\Phi)$$

oder

$$\gamma_0 = 980{,}632 \text{ cm} (1 + 0{,}002644 \cos 2\Phi + 0{,}000007 \cos^2 2\Phi)$$

und ein reziproker Abplattungswert $\frac{1}{a} = 298{,}3$.

Meyermann.

(Eingegangen 17. September 1901.)

Tagesereignisse.

Die Doktoringenieurdiplome unterscheiden sich sehr wesentlich von den Doktordiplomen, welche an den Universitäten von den einzelnen Fakultäten verliehen werden. Während diese in der altgeheiligten lateinischen Sprache abgefasst sind, ist für das Diplom des modernen Doktor-Ingenieur die deutsche Sprache gewählt. An der Technischen Hochschule zu Berlin wird demnächst, den drei ersten Doktoringenieuren das Diplom ausgehändigt und ein Abdruck am schwarzen Brett des Senates bekannt gegeben werden. Es dürfte interessant sein, das Formular dieses Diploms kennen zu lernen. Es lautet:

„Die Königliche Technische Hochschule zu Berlin unter dem Rektorate des . . . . . .
verleiht durch diese Urkunde
dem Diplom-Ingenieur
Herrn . . . .
aus . . . .
die Würde eines Doktor-Ingenieurs,
nachdem derselbe bei der Abteilung für . . . .
in ordnungsmässigem Promotionsverfahren
unter Vorsitz des
. . . .
und unter Mitwirkung der beiden Referenten
. . . . . .
durch seine Dissertation
„Über . . . .“
sowie durch die vorgenommene mündliche Prüfung
seine wissenschaftliche Befähigung erwiesen
und hierbei das Prädikat
„ . . . . . bestanden“
erworben hat.
Berlin-Charlottenburg, den . . . . . . 1901.
L. S.
Rektor und Senat
der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin
gez. . . . . .“

Personalien.

Der bisherige erste Assistent am physikalischen Institute der Universität Heidelberg, Professor Dr. Precht, erhielt einen Ruf an die technische Hochschule in Hannover und hat denselben angenommen.

Der zum etatsmässigen ausserordentlichen Professor für physikalische Chemie an der Heidelberger Universität ernannte bisherige Privatdozent in Leipzig, Dr. phil. Georg Bredig, wird mit Beginn des Wintersemesters als Abteilungsvorsteher die Leitung des physikalisch-chemischen Unterrichts im Heidelberger chemischen Universitäts-Institute übernehmen.

Der Astronom Professor Max Wolf in Heidelberg hat den an ihn ergangenen Ruf nach Göttingen abgelehnt.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 2. | 15. Oktober 1901. | 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 3 am 24. Oktober 1901.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa. (Direktor: A. Battelli).

No. 10:[1]) A. Battelli, Über das Boylesche Gesetz bei sehr niedrigen Drucken.

In einer früheren Arbeit[2]) habe ich über die Ergebnisse von Versuchen berichtet, die ich über das Verhalten der atmosphärischen Luft bis zu ungefähr $^2/_{100}$ mm Quecksilberdruck herab vorgenommen habe. In vorliegendem Aufsatze gedenke ich Rechenschaft abzulegen über Versuche, die mit demselben Apparat und unter Beobachtung der nämlichen Vorsichtsmassregeln mit Sauerstoff, Wasserstoff und völlig trockenem und staubfreiem Kohlensäure-Anhydrid ausgeführt worden sind.

Wie bei den Versuchen mit Luft, so wurde auch bei diesen Gasen bei den Messungen zuerst vom grössten Druck ausgegangen und bis zu niedrigsten Drucken heruntergegangen; dann wurden die Versuche wiederholt, indem der Druck in umgekehrter Richtung geändert wurde.

Dank dem grossen Bad, in dem sich der ganze Apparat befindet, ist gewöhnlich während einer vollständigen Messung keine Temperaturveränderung eingetreten; in den seltenen Fällen, wo eine solche stattfand, sind die nötigen Korrektionen (wie es s. Z. für die Luft angegeben wurde) eingetragen.

Eine erste Thatsache von nebensächlicher Bedeutung kann man aus den Resultaten vorliegender Versuche über den Sauerstoff ableiten, nämlich dass bei geringen Drucken dieses Gas sich mehr zusammenzupressen scheint, als das Boylesche Gesetz zulässt. [illegible] Erscheinung jedoch bei eisernen [illegible] weniger deutlich hervortritt als bei [illegible] darf man das Phänomen ohne weiteres der Absorption des Sauerstoffs durch die Wände zuschreiben.

Was aber deutlich aus den Versuchen sowohl mit dem einen wie mit dem andern Apparate hervorgeht, ist, dass in der Nähe eines Druckes von 0,7 mm sich im Sauerstoff eine Anomalie zeigt. Also bestätigen auch meine Versuche die Ergebnisse von Bohr, von Baly und Ramsay und von Campetti.

Die Erklärung der von Bohr entdeckten und jetzt mit Sicherheit bestätigten Anomalie ist nicht leicht klar zu legen; sie darf aber gewiss nicht der Absorption zugeschoben werden.

Die sich zunächst bietende Erklärung ist, anzunehmen, dass sich bei Abnahme des Druckes die Zahl der gasigen Moleküle durch Bildung von Molekülkomplexen verändert, deren Stabilität von den Bedingungen des Druckes und der Temperatur des Gases abhängt. Eine solche Bildung von Molekülkomplexen erscheint wahrscheinlicher bei hohen Drucken (cfr. O. E. Meyer, Kinetische Theorie der Gase, S. 75), doch kann man nicht ausschliessen, dass sie sich auch bei hohen Verdünnungen vollziehen kann. Es ist schwer, einen Grund zu bestimmen, warum diese Komplexe sich nur unter einem bestimmten Drucke zu bilden beginnen, der bei dem Sauerstoff sehr niedrig, nämlich 0,7 mm *Hg* wäre; aber man könnte die von Bohr am Sauerstoff entdeckten Anomalien erklären, wenn man mit Sutherland[1]) annähme, dass die Gasmoleküle auseinanderfallen, wenn der Druck so ist, dass die molekularen Stösse dieselbe Schwingungsperiode erwerben, wie die Gasmoleküle bei gleichem Druck. Dass thatsächlich im Sauerstoff molekulare Veränderungen vor sich gehen, ist bewiesen durch die Leichtigkeit, mit der er sich in Ozon verwandelt. Es

[illegible] Zeitschrift 2, 409, 1901.

[illegible] 2, 409, 1901.

1) Phil. Mag. (5), 43, 201, 1897.

ist jedoch nicht in einwurfsfreier Weise bewiesen, dass eben durch die Ozonbildung — wie Sutherland beweisen möchte — sich die vorgenannten Anomalien erklären lassen.

Man kann leicht bemerken, dass die numerischen Werte, welche Sutherland in die Gleichungen einführt, aus denen er eine diesbezügliche Erklärung ableitet, und welche aus Bohrschen Versuchen stammen, völlig willkürliche sind; man kann ebenso sehen, dass die Bohrschen Versuche mit demselben Recht andere Werte ergeben, die zu anderen Resultaten führen würden; ebenso wie man völlig andere Resultate erhalten könnte, wenn man in die Sutherlandschen Gleichungen die durch meine Versuche gelieferten Werte einsetzen wollte.

Dass sich in der That kein Ozon bildet, ist experimentell übrigens von Threlfall[1]) gezeigt worden. Während er die Ursache der grössten Oxydationsenergie studierte, welche der Sauerstoff bei niederem Drucke zu besitzen scheint, wurde er von Sutherland selbst dazu bestimmt, nachzuprüfen, ob sich bei einem Druck von 0,25 mm der Sauerstoff spontan in Ozon umwandelt, wie aus der oben dargelegten Theorie hervorzugehen scheint. Threlfall konnte die betreffende Umwandlung nicht feststellen, obwohl das von ihm benutzte Reagens — eine Lösung von Jodkalium und Stärkekleister in Glycerin auch eine äusserst geringe Menge von Ozon ihm hätte bemerkbar machen können. Die erwähnte Hypothese von der Bildung der Molekularkomplexe zeigt sich, trotzdem sie mit den fundamentalen Begriffen der kinetischen Theorie in keinerlei Widerspruch steht, doch stets als eine etwas willkürliche Theorie; ihre Haltbarkeit durch den Versuch zu kontrollieren, ist schwierig, um nicht zu sagen, unmöglich. Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass sie eine Stütze findet in der grossen Veränderlichkeit des Sauerstoffspektrums bei Veränderung des Druckes und der Temperatur; und ebenso darf man nicht verschweigen, dass bei niedrigen Drucken ein gleicher Grund auch für die anderen Gase angesprochen werden dürfte; zumal Ebert[2]) bei seinen Untersuchungen über das Wechseln der Länge des dunklen Kathodenraumes unter verschiedenem Drucke bei mehrererlei Gasarten fand, dass sich in der Kurve, welche besagte Länge als Funktion des Druckes darstellt, bei allen von ihm untersuchten Gasen eine Diskontinuität zeigt.

Bemerkenswert ist, dass für den Sauerstoff die Diskontinuität bei demselben Drucke von 0,7 mm eintritt, bei dem die Anomalie zum Boyleschen Gesetz erscheint.

1) Journ. of Proc. of the R. Soc. of New South Wales, **31**, 79, 1897.

2) Verhandl. d. Deutschen Phys. Gesellsch. 1900.

Man kann also sagen, dass für jedes Gas die Länge der mittleren molekularen Trajektorie, und folglich die Kohäsion, sich plötzlich bei einem bestimmten, für jedes Gas charakteristischen Druck ändert.[1])

Versuche am Wasserstoff mit beiderlei Apparaten haben gezeigt, dass er bis zu Drucken von $^2/_{100}$ mm ausnahmslos dem Boyleschen Gesetze folgt. Die bei Anwendung von Glascylindern erhaltenen Resultate sind weniger regelmässig, als die beim Gebrauch von Eisencylindern festgestellten; bedenkt man jedoch die Kleinheit der Drucke, bei denen sich die Unregelmässigkeiten zeigen, so kann man sie auch als in den Bereich der Beobachtungsfehler fallend betrachten. Das Kohlensäure-Anhydrid weicht augenscheinlich bedeutend vom Boyleschen Gesetz ab, denn es lässt sich weit mehr zusammendrücken als das Gesetz annimmt; man gewahrt dies stärker bei Anwendung des Glas-Apparates. Freilich muss die Erscheinung, wie weiterhin gezeigt werden soll, wenigstens zum Teil der Absorption durch die Gefässwände zugeschrieben werden.

Im allgemeinen mögen die bei der atmosphärischen Luft, beim Sauerstoff und beim Kohlensäure-Anhydrid mehr oder weniger merklichen Abweichungen vom Boyleschen Gesetz zum Teil, besonders bei letzterem, von der veränderlichen Absorption der Gefässwände für die in ihnen enthaltenen Gase abhängen.

Van der Ven[2]), Baly und Ramsay[3]), Warburg und Ihmori[4]) und Krause[5]) haben sich mit dieser Frage beschäftigt, ohne jedoch zu übereinstimmenden Resultaten bei ihren Versuchen zu gelangen. Auch Sutherland[6]) hat in theoretischer Weise untersucht, ob an den Gefässwänden eine abschätzbare Gasverdichtung stattfindet, und kommt zu Schlussfolgerungen, die es annehmbar machen, dass die Wirkung der oberflächlichen Kondensation völlig unbeachtet bleiben und nicht zur Erklärung der Anomalien herangezogen werden darf, welche die Gase dem Boyleschen Gesetze gegenüber aufweisen.

Allerdings scheinen die Van der Venschen Versuche diese Schlussfolgerungen zu bestätigen, aber andererseits zeigen z. B. für das Kohlen-

1) Die Unsicherheit der Hypothese, dass der Sauerstoff bei Drucken unter 0,7 mm molekulare Gruppenbildungen eingeht, wird unter anderem auch von Ebert (Verh. Deutsch. Phys. Gesellsch. 1900) dargethan, nach welchem bei geringen Drucken, die der Bildung von Kathodenstrahlen entsprechen, der Sauerstoff sich wie ein zwei-atomiges Gas verhält.

2) Arch. du Musée de Teyler, (2), **3**, 349, 1890.

3) Phil. Mag. (5), **38**, 301, 1894.

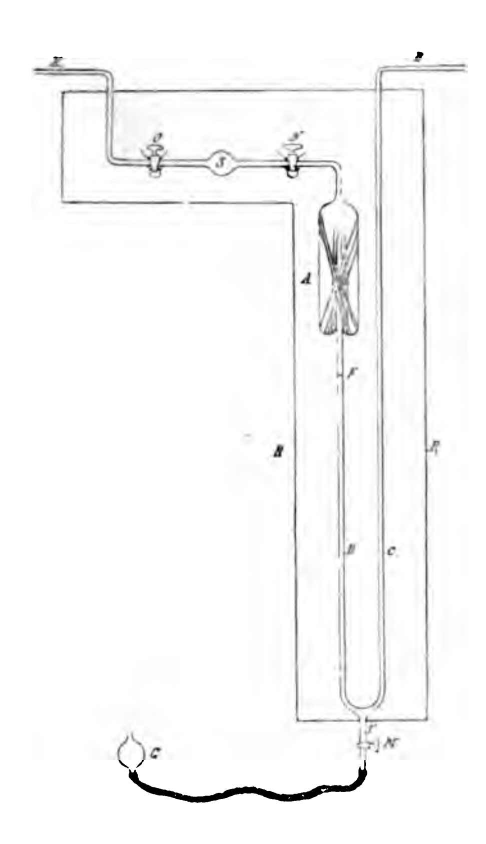
4) Wied. Ann. **27**, 481, 1886; **31**, 1006, 1887.

5) Wied. Ann. **36**, 923, 1889.

6) Phil. Mag. (5), **43**, 11, 1897.

säure-Anhydrid die Versuche von Baly und Ramsay, dass sicherlich durch das Glas eine Gas-Absorption stattfindet, und dasselbe zeigen die Versuche von Warburg und Ihmori und von Krause. Diese Absorption ist vielleicht mehr chemischer als physikalischer Natur; es wird eine Art von Gaslösung im Glase sein — was mit der Thatsache übeinstimmt, dass beim Kohlensäure-Anhydrid, wenn es einen Druck von etwa $\frac{1}{10^6}$ Atmosphären erreicht hat, man diesen Druck nicht mehr schwächer machen kann, weil er dann gleich dem Dissoziationsdruck für die Kombination zwischen Kohlensäure-Anhydrid und Glas wäre; — aber sei sie chemischer oder physikalischer Natur, die Absorption des Kohlen-Anhydrids wird stets von molekularen Aktionen bestimmt werden, und kann in solchen Mengen vor sich gehen, dass wenigstens zum Teil die Abweichungen vom Boyleschen Gesetz dadurch erklärt werden.

Es schien mir bei dieser Unsicherheit der Vorstellungen und diesen Meinungskontroversen nicht ohne Interesse, Versuche vorzunehmen, um entscheiden zu können, ob eine Absorption des Gases von den es umschliessenden Gefässwänden stattfindet, und ob diese Absorption, wenn sie vorhanden ist, sich mit verändertem Gasdruck auch verändert. Meine diesbezüglichen Versuche habe ich sowohl mit Glas- wie auch mit eisernen Gefässen ausgeführt.



Der zuerst von mir benutzte Apparat besteht hauptsächlich aus einer Glasflasche A, in welche das zu untersuchende Gas gebracht wird; innerhalb derselben sind mehrere Glasstabbündel angebracht, um dem Gas eine recht grosse Oberfläche zu schaffen. Diese Flasche setzt sich nach unten in eine lange und dünne, U-förmig gebogene Röhre BC fort, die an ihrem Ende D an eine Quecksilber-Luftpumpe angeschlossen ist. An ihrem oberen Ende ist die Flasche A mit einer rechtwinklig gebogenen Röhre verbunden, die zu einem Hahn N mit vollkommener Schliessung führt; zur grösseren Sicherung des Schlusses befindet sich darüber und darunter ein Näpfchen mit Quecksilber. Jenseits von diesem Hahn zeigt die Röhre eine Ausbauchung S und dann einen zweiten, dem früheren völlig gleichen Hahn O; hinter diesem ist eine Verbindung mit einer Anzahl von Trockenflaschen hergestellt, durch die man das schon gereinigte Gas zur Untersuchung zuführt.

Ein umschliessendes Gefäss mit Wasser RR erhält den Apparat auf stets gleicher Temperatur, die auf einem in $^1/_{10}$ Grade eingeteilten Thermometer abgelesen wird.

Der Apparat wird vorher wiederholt mit Königswasser, Salpetersäure, Kalilauge, destilliertem Wasser und absolutem reinem Alkohol gewaschen, dann völlig ausgetrocknet, indem man tagelang sehr trockene heisse Luft darin cirkulieren lässt, damit von den Wänden jede Feuchtigkeit entfernt wird. Der Versuch verläuft folgendermassen: Man öffnet zuerst die Hähne O und N und lässt längere Zeit einen Strom von dem zu untersuchenden, trockenen Gas in den Ballon A einströmen; hierauf wird O geschlossen, die Luftpumpe in Bewegung gesetzt und eine Verdünnung bis zu einem Drucke von 10 bis 15 mm dadurch erreicht; man liest diesen Druck mit Genauigkeit auf dem Manometer der Pumpe ab. Nun schliesst man den Hahn N und fährt fort, in A zu verdünnen bis zu einem äusserst geringen Drucke (der von Versuch zu Versuch wechselt); sodann wird Hahn M geöffnet, die mit Quecksilber gefüllte Kugel G ein wenig aufgehoben und das Quecksilber in einen Teil der Röhre BC steigen gelassen. Man lässt nun in die Pumpe wieder Luft hinzutreten und indem man Kugel G aufhebt und herunterlässt, lässt man das Quecksilberniveau im Arme B bis zum Zeichen F steigen und misst mit dem Kathetometer den Niveau-Unterschied in den beiden Armen. Aus diesem Niveau-Unterschied und aus dem barometrischen Drucke berechnet man den Druck des in A enthaltenen Gases. Nun wird Hahn O geöffnet: das in S enthaltene Gas strömt nach A und der Niveau-Unterschied in der U-förmigen Röhre nimmt ab; das Quecksilber geht bis zum Zeichen F zurück, und indem man die Un-

gleichheit des Niveaus misst, berechnet man den neuen Druck des Gases. Wir bezeichnen mit v das Volumen des Ballons S zwischen den beiden Hähnen O und N, und mit V das von Flasche A zwischen Hahn N und dem Zeichen F; diese beiden Volumengrössen sind durch vorhergehende Versuche genau bestimmt worden.

Hat keine Absorption stattgefunden, so müssten wir bei Annahme des Boyleschen Gesetzes

$$H(v+V)=pv+PV$$

erhalten; p bedeutet den Druck des zuerst in S enthaltenen Gases; P den Druck des Gases in A, und H den Druck am Schlusse, d. h. nachdem der Hahn N aufgemacht worden ist.

Man sieht nun, ob diese Grösse H mit der durch den Versuch gegebenen im Moment, wo man den Hahn N geöffnet hat, übereinstimmt; inzwischen verfolgt man beständig die Lage des Quecksilber-Meniskus in den Schenkeln der U-förmigen Röhre.

Im Falle, dass eine Absorption stattfindet, kann man schwerlich annehmen, dass sich die Erscheinung vollständig im ersten Moment abspielt; man müsste also eine andauernde Bewegung des Quecksilber-Meniskus bemerken.

Da es sich um einen nicht übermässig geringen Druck am Schlusse handelt, und folglich im Intervall das Boylesche Gesetz ganz sichtlich anwendbar wird, so muss sogar die erste Ablesung das erste Anzeichen der Absorption geben; ein späteres Zeichen für dieselbe ist die fortlaufende Bewegung des Meniskus.

Um diese Messungen sehr viel empfindlicher zu machen, habe ich mich absichtlich zweier Apparate bedient, die fürs Studium des Boyleschen Gesetzes gebraucht worden waren. Ich habe nämlich an jeden Apparat einen Ballon angeschlossen, der mit zwei Hähnen endigt; einen dieser Hähne setzte ich mit den andern Teilen des Apparates selbst, den andern mit dem Gefässe, aus dem das reine trockene Gas kommt, in Verbindung. Im übrigen bin ich ganz in derselben Weise verfahren, wie es bei der früheren Anordnung beschrieben ist. Sowohl mit ersterem wie mit den beiden letztgenannten Apparaten habe ich viele Versuche mit Wasserstoff, Luft, Sauerstoff und Kohlensäure-Anhydrid gemacht. Diese Versuche, deren Resultate im einzelnen zu beschreiben lang und nutzlos wäre, zeigen, dass beim Wasserstoff absolut keine Absorption stattfindet, weder in gläsernen noch in eisernen Gefässen; bei Luft und Sauerstoff beginnt eine geringe Absorption unterhalb von 1 mm Druck in Glasgefässen bemerklich zu werden; beim Kohlensäure-Anhydrid ist die Absorption nicht zu bezweifeln, und es scheint, als ob die Grösse derselben im Vergleich mit der Masse des Gases mit der Verdünnung zunehme. Ich will diese letztere Frage, deren annähernde Lösung ich hier vorläufig gegeben habe, noch mit vollkommeneren Methoden der Prüfung unterwerfen.

Allgemeine Schlussfolgerungen. Obige Versuche berechtigen zu schliessen:

1) dass der Wasserstoff dem Boyleschen Gesetze bei Drucken von unter 1 Atmosphäre bis ungefähr 0,02 mm folgt;

2) dass die Luft unbedeutend vom Gesetze zwischen 2 und 5 mm abweicht;

3) dass der Sauerstoff einen Sprung in seinem Gang bei ungefähr 0,7 mm aufweist;

4) dass das Kohlensäure-Anhydrid sich bei niedrigem Drucke mehr komprimiert, als das Boylesche Gesetz gestattet, und dass diese Erscheinung wahrscheinlich durch die Absorption der Gefässwände verursacht wird. Man kann also annehmen, dass, mit Ausnahme des Sauerstoffs und folglich auch der Luft, bei den von mir geprüften Gasen keine Anomalien vorkommen, die sich nicht durch die bei den Versuchen unvermeidlichen Umstände erklären liessen.

Uebrigens scheint mir die Sutherlandsche Bemerkung nicht ohne weiteres annehmbar zu sein, in der er ausspricht, dass die Materie von der kinetischen Theorie unbeachtet gelassene Eigenschaften besitzen müsste, wenn das Gesetz $pv=const.$ nicht bei geringen Drucken gälte. In der That ist in der kinetischen Theorie die Formel $pv=const.$ aufgestellt, indem die Kohäsion und das Molekular-Volumen unberücksichtigt gelassen wird; in den Formeln von Van der Waals und von Clausius, die vom Typus

$$(p+a)(v-b)=const.$$

sind, wird diesen beiden Grössen Rechnung getragen; während Bohr, der sich der Formel

$$(p:a)v=K$$

bedient, stillschweigend zugiebt, dass die Kohäsion allein in Betracht kommt. Da nun, wenn bei einem gegebenen Drucke sich eine plötzliche Diskontinuität einstellt, man sich zweier verschiedener Grössen der Konstante a bedienen muss, um das Gesetz der Kompressibilität über und unter jenem Drucke darzustellen, kommt man dazu, zu vermuten, dass die Kohäsion des Gases eine plötzliche Veränderung erfährt bei dem betreffenden Drucke. Ist nun diese Veränderung der Kohäsion wirklich eine augenblickliche und ausreichend grosse, so kann dies dem Sauerstoff analoge Verhalten weder durch die Formel Van der Waals':

$$\left(p+\frac{a}{v^2}\right)(v-b)=K$$

noch durch die von Clausius:

$$\left(p + \frac{a}{T(v+\beta)^2}\right)v - b = K$$

ausgedrückt werden, weil in beiden die Wirkung der Kohäsion bei Zunahme des Volumens immer kleiner wird und sich kontinuierlich ändert.

Zeigten aber alle Gase bei bestimmten Drucken dieselbe Erscheinung wie der Sauerstoff, so müsste man den Schluss ziehen, dass die charakteristische Gleichung die Form haben müsste:

$$[p + \Phi(a, v, T)](v - b) = K.$$

Hier müsste $\Phi(a, v, T)$ eine Funktion sein, die stetig wäre für die Grössen von v innerhalb gegebener Grenzen, aber eine Diskontinuität für einen oder mehrere bestimmte Werte von v aufwiese.

Da die kinetische Theorie nicht ausschliesst, dass bei bestimmten Frequenzen der gegenseitigen Stösse sich mehr oder weniger komplizierte Molekülgruppen bilden und auflösen können, so ist theoretisch kein Hindernis vorhanden, anzunehmen, dass die molekulare Kohäsionskraft — und von ihr hängt die Bildung dieser Gruppierungen ab — Veränderungen erfahren kann, wie sie obengenanntes $\Phi(a, v, T)$ nach vorhin Gesagtem zeigen müsste.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 18. September 1901.)

Die spezifische Wärme von Lösungen, die keine Elektrolyte sind. II.[1])

Von William Francis Magie.

In dem ersten Teile dieser Arbeit wurde gezeigt, dass in Lösungen von verschiedener Konzentration, in denen der osmotische Druck direkt proportional der absoluten Temperatur ist, die scheinbare Molekularwärme des gelösten Stoffes eine konstante ist. Diese Beziehung konnte experimentell bestätigt werden in verschiedenen Lösungen von Nichtelektrolyten. In dem vorliegenden zweiten Abschnitt ergiebt sich, dass die gleiche Beziehung auch noch für einige andere Nichtelektrolyte in wässerigen und alkoholischen Lösungen besteht.

1. Die scheinbare Molekularwärme von isomeren Stoffen, welche in dem gleichen Lösungsmittel gelöst sind, ist nicht immer dieselbe. Um nach dieser Richtung die Isomeren des Rohrzuckers zu prüfen, war es nötig, sich eine Anschauung zu bilden, welche Rolle das Krystallwasser bei der Bildung einer Lösung spielt. Es wurde zu diesem Zwecke Dextrose untersucht, da man dieselbe ja mit und ohne Krystallwassergehalt herstellen kann. Die Molekularwärme einer wässerigen Lösung von Dextrose mit Krystallwasser, die unter der Annahme hergestellt war, dass das Krystallwasser im Augenblicke der Lösung die Dextrose verlässt und zu dem Lösungsmittel hinzutritt, war die gleiche, welche eine Dextrose ohne Krystallwasser ergab. Die bei der Herstellung der Lösung gemachte Annahme erscheint hiernach gerechtfertigt.

[1]) Fortsetzung der in dieser Zeitschrift 1, 233, 1900, veröffentlichten Arbeit.

Die Molekularwärmen von verschiedenen Gruppen isomerer Stoffe in wässeriger Lösung sind nachstehend zusammengestellt. Einige der Zahlen sind aus der früheren Arbeit herübergenommen.

Substanzen	Molekulargewicht	Molekularwärme
Rohrzucker	342	152,8
Maltose		142,7
Milchzucker		144,5
Dextrose	180	78,8
Lävulose		89,6
Mannit	182	108
Dulcit		97,5
Resorcin	110	63,4
Hydrochinon		63,4
Brenzkatechin		75,5

Die Molekularwärmen dieser Isomeren weichen in einzelnen Fällen recht bedeutend voneinander ab; diese Lösungen liefern mithin einen offenkundigen Beweis dafür, dass es unerlaubt ist, die Molekularwärme zusammengesetzter Stoffe der Summe der Atomwärmen der einzelnen Komponenten gleichzusetzen.

2. Löst man denselben Stoff in verschiedenen Lösungsmitteln, so sind die scheinbaren Molekularwärmen nicht gleich. Es ergiebt sich dies aus folgenden Zahlen:

Substanz	Molekularwärme in wässeriger Lösung	Molekularwärme in alkohol. Lösung
Harnstoff	21	28,1
Resorcin	63,4	56,7
Hydrochinon	63,4	56,7
Brenzkatechin	75,5	57,1
Phenol	71,5	51,4

Es ergiebt sich hieraus, dass es unzulässig ist, den Vorgang der Lösung einfach als den Übergang der Moleküle des gelösten Körpers in einen dem gasförmigen völlig äquivalenten Zustand anzusehen. Man sieht sich vielmehr zu der Annahme gedrängt, dass das Lösungsmittel auf den gelösten Körper einwirkt, und zwar derart, dass es eine Veränderung der Struktur und der Zahl der Grade der Bewegungsfreiheit bei dem gelösten Stoffe verursacht oder umgekehrt eine derartige Veränderung der Struktur und der Bewegungsfreiheit selbst erleidet.

3. Die spezifische Wärme der elektrolytischen Lösungen bestätigt die Annahme, dass eine Wechselwirkung zwischen Lösungsmittel und gelöstem Stoff eintritt, und zwar scheint für solche Lösungen wenigstens das Lösungsmittel durch den gelösten Stoff beeinflusst zu sein. Die spezifische Wärme von wässerigen elektrolytischen Lösungen ist im allgemeinen kleiner, als man nach der Summe der Wärmekapazitäten der Komponenten erwarten sollte. In den meisten Fällen müsste sogar die scheinbare Molekularwärme des gelösten Stoffes, wenn man von der Annahme ausgeht, dass die Molekularwärme des Lösungsmittels unverändert bleibt, mit wachsender Verdünnung negativ werden. Es ist natürlich völlig unzulässig, die spezifische Wärme des gelösten Stoffes oder eines Teiles desselben negativ anzunehmen und es bleibt somit nur die Auffassung möglich, dass die spezifische Wärme des Lösungsmittels oder doch eines Teiles von ihm durch die Gegenwart des gelösten Körpers vermindert werde. Infolge dieser Anschauung gelangt man zu einem Ausdruck für die Wärmekapazität C einer elektrolytischen Lösung von der Form:

$$C = H + A - pB,$$

worin H die ursprüngliche Wärmekapazität des Lösungsmittels, p der Dissoziationsgrad oder das Verhältnis des in der Lösung dissoziierten Anteiles des gelösten Körpers zur gesamten gelösten Menge und A bezw. B positive Konstanten sind, die sich aus den Beobachtungen empirisch ergeben. Wendet man diese Formel auf die von Thomsen untersuchten Lösungen an, so giebt sie sehr genau die von diesem für verschiedene Konzentrationen erhaltenen Werte wieder. Die Übereinstimmung ist zu gut, als dass auch nur ein geringer Zweifel an der Berechtigung der Hypothese, auf der die Formel begründet ist, bestehen bleiben könnte.

4. Während der Messungen an Milchzucker beobachtete man, dass die aufeinander folgenden Werte der Molekularwärme in systematischer Weise sich änderten. Die Mittel aus drei Beobachtungsreihen an Lösungen, welche jedesmal ein Grammmolekel Milchzucker in 200 Grammmolekel Wasser enthielten, ergaben: 147, 138, 144, 147, 149, 151, 153, 150; diese Werte wurden in Intervallen von je 25 Minuten erhalten. Nach Verlauf von zwei Tagen oder mehr war die Molekularwärme konstant geworden und hatte den Wert 144,5 im Mittel erreicht. An einer verdünnteren Lösung wurde der Mittelwert 155 aus verschiedenen Bestimmungen erhalten, ohne dass ein Gang in den Beobachtungen sich gezeigt hätte. Entsprechende Lösungen, welche mit siedendem Wasser hergestellt wurden, zeigten ähnliche Eigenschaften. Der Endwert der Molekularwärme, der sich nach Verlauf einiger Tage einstellte, war der schon angegebene.

Diese Resultate deuten in Verbindung mit der von Erdmann entdeckten Veränderlichkeit des Drehvermögens von Milchzuckerlösungen darauf hin, dass in der wässerigen Lösung von Milchzucker eine fortschreitende Änderung der molekularen Anordnung erfolgt, die einige Stunden, nachdem die Lösung hergestellt ist, andauert.

Physikalisches Laboratorium der Princeton Universität, U. S. A.

(Aus dem Englischen übersetzt von C. Forch.)

(Eingegangen 2. Oktober 1901.)

Weitere Beobachtungen über die magnetisierende Wirkung von Blitzentladungen.

Von F. Pockels.

In dieser Zeitschrift **2**, 306, 1901, habe ich zwei Fälle mitgeteilt, in denen aus der remanenten Magnetisierung eines neben einem Blitzableiter angebrachter Basaltstäbchens auf die Maximalstromstärke von Blitzschlägen, welche jenen Blitzableiter getroffen hatten, geschlossen werden konnte. Diese Versuche wurden an demselben Orte — dem Observatorium des Monte Cimone — seitdem durch freundliche Vermittelung des Herrn C. Chistoni in Modena, dem ich auch an dieser Stelle meinen Dank dafür aussprechen möchte, fortgesetzt. Zunächst erhielt ich Anfang Juni d. J. einen Stab, der am 24. September vorigen Jahres in derselben Weise, wie die früheren Stäbe, ausgelegt worden war und der Schneeverhältnisse wegen erst am 3. Juni entfernt werden konnte. Die am 18. Juni gemessene Magnetisierung dieses Stabes entsprach einer Maximalstromstärke von 5600 Amp.; doch ist anzunehmen, dass die Magnetisierung bereits merklich abgenommen hatte; um wieviel entzieht sich, da das Datum des Blitzschlages unbekannt ist, der Schätzung, so dass obige Zahl wieder nur eine untere Grenze darstellt.

Da die Blitzableiteranlage des Observatoriums zwei Erdleitungen besitzt[1]), und somit die bisher mitgeteilten Zahlen sich immer nur auf einen Teil der Entladung beziehen, so wurden in diesem Jahre an beiden Erdleitungen Stäbe angebracht und zwar in 10 cm mittlerem Abstand. Am 18. September wurden mir zwei solche Paare von Stäbchen zugesandt mit

1) Auf dem achteckigen Gebäude befinden sich vier untereinander durch Kupferdrähte verbundene Auffangstangen, von denen zwei diametral gegenüberstehende mit Erdableitungen versehen sind.

der Mitteilung, dass das eine (A) einem Blitzschlage am 13. August um $15^h\ 30^m$, das andere (B) zwei am 7. September um $9^h\ 53^m$ und $9^h\ 55^m$ stattgehabten Blitzschlägen ausgesetzt gewesen ist. Die Stäbe B wurden am 19. September und 2. Oktober magnetometrisch untersucht, wobei sich zeigte, dass in der Zwischenzeit nur eine sehr geringe (2 bez. $3^1/_2$ Proz. betragende) Abnahme des Magnetismus stattgefunden hatte. Setzt man eine gleiche Abnahme für die Zeit von der Magnetisierung bis zur ersten Messung voraus, so ergiebt sich der Maximalwert der Entladungsstromstärke für den einen Stab zu 5000, für den anderen zu 3600 Ampère. Der Blitz hatte sich also ungleich geteilt, ob infolge ungleichen Widerstandes der Erdleitungen (welche nicht in Wasser endigen), oder weil vielleicht der Schlag eine der direkt abgeleiteten Auffangstangen getroffen hat, ist zur Zeit nicht zu entscheiden. Die Maximalstromstärke des ganzen Blitzschlages wird nun zwar im allgemeinen bei unsymmetrischer Teilung nicht gleich der Summe der Maxima der beiden Zweigströme sein, sondern etwas kleiner; wenn aber, wie für Blitze anzunehmen ist, die Entladungsstromstärke sehr schnell zu ihrem Maximum ansteigt und relativ langsam wieder abfällt, so kann die Abweichung von der Summe nur unbedeutend sein. Dann hat also die Maximalstromstärke des magnetisierenden Blitzes nahezu 8600 Ampère betragen. Da unbekannt ist, ob die beiden Entladungen vom 7. September gleich oder entgegengesetzt gerichtet waren, so bleibt fraglich, ob dieser Wert dem stärkeren oder dem letzten von ihnen zukommt; in Anbetracht seiner im Vergleich zu den früheren Fällen geringeren Grösse möchte man vermuten, dass die zweite Entladung entgegengesetzt gerichtet und schwächer war, als die erste.

Die Stäbe (A), welche während des Blitzschlages vom 13. August ausgelegen haben, zeigten auffallenderweise keine Spur von Magnetisierung. Dasselbe negative Resultat ergab ein Stab, der am Blitzableiter des Aussichtsturmes auf dem Melibocus (Odenwald) gelegen hatte, als dieser nach Aussage des dort stationierten Forstwarts von einem Blitzschlage getroffen wurde (am 1. Juli d. J.). Vorbehaltlich der Bestätigung durch weitere solche Erfahrungen wird man hieraus schliessen müssen, dass ausser aperiodischen auch oszillierende Blitzentladungen vorkommen. Es wäre daher besonders erwünscht, dass künftig Magnetisierungsversuche an solchen Orten angestellt würden, wo zugleich zuverlässige persönliche Wahrnehmungen über die Eigentümlichkeiten der Blitzschläge verzeichnet werden können.

(Eingegangen 7. Oktober 1901.)

Das Ingenieurlaboratorium der K. Technischen Hochschule Stuttgart.

Von C. Bach.

Dem mir von Herrn Riecke ausgesprochenen Wunsche, die Entstehung und die Einrichtungen des Ingenieurlaboratoriums der Technischen Hochschule Stuttgart an dieser Stelle zu erörtern, glaube ich insbesondere deshalb nachkommen zu sollen, weil es sich hierbei um ein Institut handelt, welches nicht ohne Interesse für den Physiker sein dürfte.

Einleitung.

Als ich im Jahre 1878 aus der Industrie zur Lehrthätigkeit übertrat, fand sich hinsichtlich Laboratoriumseinrichtungen für Maschineningenieure an unserem Polytechnikum nicht das Geringste vor; es war eben damals die Erkenntnis von der Notwendigkeit derselben an den Technischen Hochschulen noch nicht tief genug eingedrungen, auch sonst viel zu wenig verbreitet. Nach Einarbeitung in den neuen Beruf betrachtete ich es als eine Hauptaufgabe, hier Wandel zu schaffen. Nach Massgabe meines Lehrauftrages (damals: Maschinenelemente, Hebezeuge, Elastizitätslehre, Dampfmaschinen, Dampfkessel) war dabei in zwei Richtungen vorzugehen. Es waren zu beschaffen:

1. Die Einrichtungen zur Untersuchung des Verhaltens der Konstruktionsmaterialien, zur Prüfung des Genauigkeitsgrades der Ergebnisse der Elastizitäts- und Festigkeitslehre, zur weiteren Ausbildung dieses Lehrgebietes auf Grundlage des thatsächlichen Verhaltens der Materialien, und zur Ermittelung der Erfahrungskoeffizienten, deren der Lehrer sowie der Konstrukteur auf dem bezeichneten Gebiete bedarf.

2. Die Einrichtungen zur Untersuchung von Wärmekraftmaschinen, insbesondere Dampfmaschinen einschliesslich Dampfkessel, und der wichtigsten in Betracht kommenden Arbeitsmaschinen, zur Ermittelung und Sicherstellung der wissenschaftlichen Grundlagen der Lehrgebiete, welche sich mit den genannten Maschinen, den hierzu gehörigen Vorrichtungen und den in ihnen sich vollziehenden Vorgängen zu befassen haben, sowie zur Ermittelung der nötigen Erfahrungszahlen.

Hierher gehören auch die Aufgaben, welche das Verhalten der Arbeitsflüssigkeiten, die für Kraft- und Arbeitsmaschinen in Betracht kommen, betreffen.

Zu Ziff. 1.

Wiederholt hatten Verhandlungen stattgefunden, um Einrichtungen zur Prüfung und Unter-

suchung des Verhaltens der Konstruktionsmaterialien zu schaffen, jedoch ohne Erfolg. Es gelang nicht, das vorliegende Bedürfnis auf normalem Wege, d. h. durch Einrichtung einer Materialprüfungsanstalt auf Staatskosten der Befriedigung zuzuführen. Ich musste auf andere Weise zu helfen suchen.

Im November 1881 stellte ich beim württembergischen Bezirksverein deutscher Ingenieure den Antrag, derselbe wolle an den Exekutivausschuss der damaligen Landesgewerbe-Ausstellung die Bitte richten, dass aus dem Ausstellungsüberschuss ein Betrag von 15000 bis 20000 Mark zur Errichtung einer Materialprüfungsanstalt am Polytechnikum bewilligt werden möchte. Dank der Unterstützung, welche die Sache fand, hatte dieser Antrag die Gewährung von 10000 Mark zur Folge,[1]) die vom Königl. Finanzministerium auf 16000 Mark ergänzt wurden, womit nun die Errichtung der Anstalt ihren Anfang nehmen konnte, und zwar im Souterrain der Technischen Hochschule, woselbst ein Raum von 81 Quadratmeter zur Verfügung stand, der mit dem zu gleicher Zeit sich entwickelnden Laboratorium für Elektrotechnik zu teilen war. Zu Anfang des Jahres 1884 wurde die Anstalt dem öffentlichen Betriebe übergeben. Rund 6 Jahre habe ich sie mit einem Arbeiter allein geführt; 1890 trat ein Assistent hinzu. Sie wurde unter Aufwand von nicht selten recht bedeutender Anstrengung allmählich weiter entwickelt. Für ihre heutigen Einrichtungen wurden reichlich 50000 Mark aufgewendet; an Raum sind zugewachsen 254 qm, so dass die Anstalt jetzt über 335 qm Grundfläche verfügt. Thätig sind an ihr ausser mir als Vorstand, 1 Betriebsingenieur, 2 Assistenten für Unterricht und 2 Arbeiter. Die Einrichtungen sind zerstreut im älteren Flügel der Technischen Hochschule untergebracht. Die Errichtung eines Neubaues für die Anstalt ist beantragt.

Im Laufe der Zeit war es auf dem bezeichneten Wege dank der Unterstützung, welche sich schliesslich von verschiedenen Seiten einstellte, möglich geworden, die Anstalt, deren Zweck zunächst und in der Hauptsache nur darin bestand, auf Grund eingehender Aufträge Materialien zu prüfen, auch zu einer Arbeitsstätte für Unterrichts- und Forschungszwecke zu machen[2]), welche allerdings infolge ihrer Gründung unter ungünstigen Verhältnissen die Verpflichtung hat, sich einen grossen Teil der für die Versuche nötigen Gelder selbst zu verdienen, indem sie auf Bestellung von auswärts Untersuchungen durchführt und hierfür bezahlt wird. Dass nur ein Bruchteil der auf Grund auswärtiger Bestellung zur Durchführung gelangenden Versuche in wissenschaftlicher Hinsicht oder vom Standpunkte des Unterrichtes aus von erheblichem Interesse ist, liegt auf der Hand. Nichtsdestoweniger halte ich es doch für sehr nützlich, dass die Anstalt solche Aufträge entgegenzunehmen und auszuführen hat.

Zu Ziff. 2.

Am drückendsten empfand ich es, dass keine Dampfmaschinenanlage für den Unterricht vorhanden war. Da keine Aussicht bestand, dass Mittel durch eine ausserordentliche Bewilligung sich beschaffen lassen würden, so begann ich 1880 mit der Beschaffung eines Dampfcylinders, dessen Kosten in der Höhe von 1440 Mark in den Etatsjahren 1880/81 und 1881/82 bezahlt wurden. Bis zum Etatsjahr 1885/86 war es durch entsprechende Beschränkung über den verfügbaren Lehrmittelfonds möglich geworden, die übrigen zu einer Dampfmaschine gehörigen Teile, d. h. unter Zurückgabe des Dampfcylinders eine ganze Dampfmaschine zu erwerben, so dass nun an die Beschaffung des Raumes für die Aufstellung der Maschine gegangen werden konnte. Das Ergebnis war nach längeren Bemühungen die Bewilligung der Mittel seitens des Königl. Finanzministeriums zur Erweiterung des vorhandenen Kesselhauses der Centralheizungsanlage des Polytechnikums. Diese Erweiterung und das Maschinenfundament wurden so ausgeführt, dass die Eincylindermaschine später zur Zweicylindermaschine ergänzt werden konnte.

1886 war die Dampfmaschine aufgestellt. Zum Betriebe mussten zunächst die beiden Dampfkessel der Centralheizungsanlage, welche nur bis 3 Atm. Druck reichten, benutzt werden. Damit begann 1886 die Unterweisung der Studierenden an der eigenen Dampfmaschine der Hochschule. 1888 wurde es möglich, einen neuen Dampfkessel für 9 Atm. Überdruck zu

1) Vergl. Wochenschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1882, S. 6 und 151.

2) Über einen Teil der Arbeiten, welche aus der Anstalt hervorgegangen sind, geben die Veröffentlichungen des Verfassers Auskunft:

Abhandlungen und Berichte, Stuttgart 1897;
Elastizität und Festigkeit, 3. Auflage, Berlin 1898;
Maschinenelemente, 8. Auflage, Stuttgart 1901;
Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 1, Berlin 1901;
Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Kesselwandungen, Heft I bis V, Berlin 1893/1900.

Die Arbeiten, welche auf Bestellung von auswärts ausgeführt und auf Grund deren Prüfungszeugnisse ausgestellt wurden, sind in den Jahresberichten der Technischen Hochschule Stuttgart 1884/1901 enthalten. Sie umfassen bis zum 30. Juni 1900:

21700 Zugversuche mit Körpern der verschiedensten Art,
3616 Druckversuche mit Körpern der verschiedensten Art u. s. w.

Über die maschinellen Einrichtungen (Wirkungsmaschinen u. s. w.) finden sich Mitteilungen in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1901, S. 1246 und 1247.

beschaffen. Hieran schloss sich die Erwerbung des Zubehörs: Dampfpumpe, Injektor u. s. w. sowie 1892 die Ergänzung zur Zweicylindermaschine. 1894 trat ein Oberflächenkondensator hinzu.

Dazwischen gelang es, die Vorrichtungen zu Ventilversuchen [1]), wie auch sonstige Einrichtungen dank der Unterstützungen von verschiedenen Seiten zu beschaffen.

Die erforderlichen Messinstrumente waren nach und nach erworben worden.

Ein besonderer Betriebsfonds für alle diese Einrichtungen wurde erstmals für die Etatsjahre 1895/96 von den Ständen verlangt und bewilligt.

Im Zusammenhange mit dem Zwecke der vorstehend besprochenen Einrichtungen steht die seit 1892 getroffene Einrichtung des Heizens von Dampfkesseln durch Studierende unter Anleitung eines Lehrheizers [2]) während der Frühjahrsferien. Gleichzeitig heizen 4 oder 5 Studierende, von denen jeder einen grossen Kessel mit 2 Feuerungen 3 Arbeitstage lang zu bedienen hat. Bisher hat jedes Jahr die Stuttgarter Zuckerfabrik ihre Dampfkessel zu den Heizübungen in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Die grösste Zahl der Teilnehmer an diesem Heizkurs hat bis jetzt 67 betragen.

Ferner gehört hierher die Heranziehung der Maschinen- und Kesselanlagen von industriellen Anlagen des Landes zu Versuchszwecken, die jedoch grossen Schwierigkeiten begegnen musste, wenn es sich um das Einlernen noch ganz ungeübter Studierender handelt.

Auch auf die Versicherung der Studierenden gegen Unfälle bei Versuchen und Exkursionen, wie sie im Jahr 1889 eingeführt worden ist, muss hier verwiesen werden.[3])

Auf die Dauer konnte die im Kesselhause der Centralheizungsanlage untergebrachte Dampfmaschine nebst Zubehör den Anforderungen der Unterrichtsinteressen nicht genügen. Es wurden viel weitergehende Einrichtungen erforderlich. Dazu kam, dass daselbst im Sommer eine Temperatur von 40 bis 45° C. einzutreten pflegte; selbst im Winter erreichte die Temperatur 35 bis 38° C. Die natürliche Entwicklung verlangte die Errichtung eines eigenen Institutes. Die dahin gehende, seitens der Königlichen Regierung im Entwurfe des Hauptfinanzetats 1897/99 eingebrachte Forderung fand die Genehmigung der Stände.

1) Vergl. C. Bach, „Versuche über Ventilbelastung und Ventilwiderstand", Berlin 1884, sowie „Versuche zur Klarstellung der Bewegung selbstthätiger Pumpenventile" in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1886/87 (Abhandlungen und Berichte S. 15 u. f.).

2) Vergl. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1893, S. 697; 1896, S. 494.

3) Die Technische Hochschule in Stuttgart war die erste Hochschule, welche eine solche Versicherung einführte. Vergl. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1890, S. 1058, (Abhandlungen und Berichte, S. 108).

Plan für das Ingenieurlaboratorium.

In der Hauptsache sollte das Institut diejenigen Einrichtungen erhalten, welche für die Energie in Form von Wärme erforderlich sind; während beispielsweise das elektrotechnische Institut diejenigen Einrichtungen besitzt, welche für die Energie in Form des elektrischen Stromes nötig erscheinen. Der Energieträger „Dampf" sowohl in gesättigtem, als auch in überhitztem Zustande — sollte hierbei in erster Linie stehen.

Ausserdem war für die Energieträger „Druckwasser" und „Pressluft" das wesentliche vorzusehen.

Untersuchungen über das Verhalten der Arbeitsflüssigkeiten, welche für die Kraft- und Arbeitsmaschinen in Betracht kommen, namentlich Versuche auf dem Gebiete der Hydraulik, Versuche über Wärmetransmission, sollten, soweit es die Verhältnisse gestatten, ermöglicht werden.

Die zur Untersuchung von Wassermotoren, insbesondere Turbinen geplanten Einrichtungen mussten der Kosten wegen einer späteren Erweiterung vorbehalten bleiben. Doch ist das Erforderliche vorgesehen.

Auf Grund der von mir vorgelegten Entwurfszeichnungen arbeitete der Vorstand des K. Bezirksbauamts Stuttgart, Baurat Knoblauch, die schliesslichen Ausführungspläne für die Hochbauten aus, auch besorgte er die Leitung der letzteren. Der Entwurf und die Leitung der maschinellen Bauten und aller hierzu gehörigen Einzelheiten lagen mir ob.

Bauplatz.

Als Bauplatz für das Laboratorium wurde das in Berg am Neckarkanal zwischen der Poststrasse und der Einmündung des Nesenbaches, also unmittelbar vor der König-Karls-Brücke gelegene, dem Staate gehörige Grundstück gewählt. Hier steht fliessendes Wasser, dessen das Laboratorium zu Zwecken der Kondensation von Dampf, zu Untersuchungen mit Pumpen u. s. w. schon jetzt in grossen Mengen bedarf, und das später — nach Erweiterung des Instituts durch die Einrichtungen zur Untersuchung von Wasserrädern, insbesondere Turbinen — in noch weit grösserer Masse erforderlich wird, ausreichend zur Verfügung. Die erhebliche Entfernung des Laboratoriums vom Hauptgebäude der Technischen Hochschule bildet kein Hindernis, da der Unterricht im Laboratorium die Studierenden in der Regel einen halben oder ganzen Tag in Anspruch nimmt.

Einrichtung des Laboratoriums. (Vgl. die beigegebenen Tafeln.)

Dasselbe weist zunächst das Lehrgebäude auf, in Blatt 1 der die übrigen Baulichkeiten überragende linke bezw. rechte Teil des Gebäudes.

Das Erdgeschoss (vergl. Blatt 4) enthält die Wohnung des Maschinenmeisters, bestehend aus 3 Zimmern und einer Küche, sowie einen Durchgang. Darüber befindet sich der Vortragssaal (vergl. Blatt 3), welcher auch zum Zeichnen und nach Ausräumung der Bänke und Tische zu Versuchszwecken benutzt werden kann; dahinter der Wasch- und Umkleideraum für die Studierenden mit den erforderlichen Kleiderschränken, sowie links davon ein Zimmer für Sonderuntersuchungen, in welchem ein Luftkompressor mit Elektromotor aufgestellt ist.

Das obere Geschoss (vergl. Blatt 4) enthält ein Zimmer für die Aufbewahrung von Instrumenten, für Bücher und Zeitschriften zum Nachschlagen, ein Zimmer für den Vorstand, ein solches für den Maschineninspektor und ein Zimmer für weitere Hilfskräfte.

Das Kellergeschoss kann zu Versuchszwecken herangezogen werden und ist demgemäss eingerichtet.

An das Lehrgebäude schliesst sich links die Maschinenhalle an (vergl. Blatt 1, unter Figur 3 und 4), dahinter das Kesselhaus, rechts davon der Kohlenraum, links der Kraftgas- und der Gasmotorenraum, hinter letzterem die Schmiede, darüber die Werkstatt. Den Aufbau dieser Teile des Laboratoriums zeigen: der Längsschnitt auf Blatt 4 und der Querschnitt auf Blatt 5.

In der Maschinenhalle oben befindet sich die liegend angeordnete Hauptdampfmaschine mit dreistufiger Expansion in 4 Cylindern (vergl. Blatt 2). Der gemeinschaftliche Hub beträgt 760 mm, der Durchmesser des Hochdruckcylinders 250 mm, derjenige des Mitteldruckcylinders und der beiden Niederdruckcylinder 400 mm. Die minutliche Umdrehungszahl kann zwischen 20 und 130 beliebig während des Ganges gewechselt werden. Bei 12 Atm. (Überdruck) Anfangsspannung (die Kessel sind für 15 Atm. höchste Betriebsspannung genehmigt), bei 100 Umdrehungen in der Minute und bei ungefähr ein Viertel Füllung des Hochdruckcylinders beträgt die Nutzleistung rund 100 Pferdestärken. Die Steigerung der Leistung auf etwa das Doppelte ist möglich.

Die Maschine wurde derart eingerichtet, dass sie arbeiten kann: als dreistufige Expansionsmaschine, als Maschine mit zweistufiger Expansion sowohl in Tandem-, als auch in Verbundanordnung (Kurbelwinkel 0^0, bezw. 90^0), sowie als Eincylindermaschine.

Die Maschine gestattet nicht bloss Betrieb mit gesättigtem Dampf, sondern auch mit Dampf in überhitztem Zustande bis etwa 270^0 C. Anfangstemperatur.

Die Behältervolumina können geändert werden, ebenso die schädlichen Räume.

Die Steuerung, durch Ventile und Corlisschieber erfolgend, ist verstellbar, so dass die Dampfverteilung innerhalb weiter Grenzen geändert werden kann.

Die Maschine kann mit Einspritz- oder mit Oberflächenkondensation betrieben werden.

Die Heizung der Mäntel und Deckel ist abstellbar eingerichtet.

Im ganzen ist bei der Konstruktion der Maschine ihr Sonderzweck stets im Auge behalten und sie demgemäss mit den für die Zwecke des Unterrichts und der Forschung angezeigten Einrichtungen nach Möglichkeit ausgerüstet worden. Sie wurde von der Firma G. Kuhn in Berg geliefert und darf als ein hervorragendes Erzeugnis des deutschen Maschinenbaues bezeichnet werden.

Die Dampfmaschine treibt, falls ihre Leistung nicht abgebremst wird, mittels Riemen bei Scheibendurchmessern von 4000 mm und 5800 mm (vergl. Blatt 4) zwei im unteren Geschosse liegende, gekuppelte, doppeltwirkende Pumpen (vergl. Blatt 4, 5 und 3) von 170 mm Cylinderdurchmesser und 760 mm Hub. Die eine Seite dieses Zwillingspumpwerks ist mit selbsthätig spielenden Ventilen, die andere Seite mit gesteuerten Ventilen versehen. Als höchster Betriebsdruck sind 100 m Wassersäule vorgesehen. Stündlich können etwa 250 Kubikmeter Wasser, welches dem Neckarkanal entnommen wird und später wieder in denselben zurückfliesst, gefördert werden.

Zur Messung der von dem Pumpwerk thatsächlich geförderten Wassermenge dienen die im Grundriss Blatt 3 gezeichneten Wasserbehälter.

Die Pumpen mit Zubehör wurden gleichfalls in der Maschinenfabrik von G. Kuhn in Berg gebaut.

Als stehende Dampfmaschine ist eine Heissdampfmaschine, geliefert von der Dingler'schen Maschinenfabrik in Zweibrücken, mit zwei liegenden, einfach wirkenden Hochdruckcylindern (220 mm Durchmesser) und einem stehenden, doppeltwirkenden Niederdruckcylinder (400 mm Durchmesser) bei 350 mm gemeinschaftlichem Hub angeordnet (vergl. Blatt 5, Erdgeschoss rechts). Sie ist für überhitzten Dampf bis 360^0 C. und für eine Anfangsspannung von 12 Atm. Überdruck bestimmt. Ihre Leistung beträgt für 170 Umdrehungen in der Minute bei 11 Atm. Anfangsspannung, 320^0 C. Eintrittstemperatur und rund 30 Proz. Füllung in den Hochdruckcylindern reichlich 50 Nutzpferdestärken.

Die Maschinenhalle ist mit einem Laufkrahn für 4000 kg Höchstlast, geliefert von der Maschinenfabrik E. Becker in Berlin, ausgerüstet (Blatt 2, 4 und 5). Im Erdgeschoss befindliche Teile, welche durch den oberen Boden der Maschinenhalle verdeckt sind, können durch herausnehmbare Platten in diesem Boden für den Laufkrahn zugänglich gemacht werden. Das 4 Meter hohe Mittelthor der Maschinenhalle ermöglicht in Verbindung mit den an dieser Stelle ebenfalls herausnehmbar angeordneten Bodenplatten in bequemer Weise das Aus- und Einbringen von grossen und schweren Teilen, wie z. B. der Hälften der grossen Schwungradriemscheibe auf der Kurbelwelle des Pumpwerks.

In der Maschinenhalle finden sich weiter die Einrichtungen zu Versuchen mit Ventilen, zur Bestimmung der Massstäbe für Indikatorfedern mit einem bis 23 Atm. reichenden Quecksilbermanometer, eine Centrifugalpumpe u. s. w. Die letztere (vergl. Blatt 4 und 5, Kellergeschoss), welche von der Transmission, auf die ein Gasmotor wirkt, betrieben wird, hat bei eintretendem Hochwasser noch die Aufgabe, das trotz des Abschlusses durch undichte Stellen eintretende Wasser fortzuschaffen und so das zum grossen Teile unter dem Hochwasserspiegel liegende unterste Geschoss freizuhalten.

Das Kesselhaus (Blatt 3 und 5) enthält 3 Dampfkessel für Dampfspannungen bis 15 Atm. und zwar:

1 Kessel mit rund 100 qm Heizfläche nach System Prégardien mit Schrägrostfeuerung,
1 Kessel mit 15 qm Heizfläche, Lokomobilsystem,
1 Kessel mit 8 qm Heizfläche, Dampfspritzensystem.

Ferner enthält das Kesselhaus:

1 Dampfgefäss (mittelbar geheizter Dampfkessel) zur Erzeugung von Dampf bis reichlich 12 Atm. Betriebsdruck,
1 Dampfüberhitzer für Überhitzung bis 400° C.,
1 Speisewasserreiniger,
1 Wägevorrichtung für die Kohlen,
3 Wägevorrichtungen für das Speisewasser,
4 Speisepumpen,
1 Injektor,

und zur Kraftgasanlage gehörig:

1 kleinen Dampfkessel, den Generator und den Vorwärmer.

Die beiden zuerst angeführten Kessel sowie das Dampfgefäss wurden von der Maschinenfabrik Esslingen geliefert, der dritte Dampfkessel von der Wagenbauanstalt und Waggonfabrik vormals Busch in Bautzen, der Dampfüberhitzer von A. Hering in Nürnberg, der Speisewasserreiniger von Hans Reisert in Köln, die Wagen von Haushahn in Stuttgart, die Speisepumpen von G. Kuhn in Berg.

An den inneren Umfassungswandungen des Kesselhauses entlang ist ein Kanal angeordnet (Blatt 3), in welchem die Rohrleitungen für Dampf und Wasser untergebracht sind. Von demselben führt eine Kanalabzweigung nach dem Kellergeschoss des Lehrgebäudes, um bei notwendig werdender Heranziehung desselben zu Versuchszwecken Dampf und Wasser bequem nach dort leiten zu können.

Der vom Kohlenraum kommende Kohlenwagen kann auf der beim Eintritt in das Kesselhaus vorhandenen Brückenwage (Blatt 3) gewogen werden.

Der Schornstein (vergl. insbesondere Blatt 5) von 35 m Höhe und 1 m kleinster Lichtweite trägt aussen in einfacher Weise durch Spannringe befestigt eine Leiter, damit in verschiedenen Höhen Temperatur und Zug im Innern bestimmt werden können, zu welchem Zweck an den Stellen, wo dies geschehen soll, Rohrstücke eingemauert sind, durch die Thermometer und Zugmesser eingebracht werden. Auch Gase zur Untersuchung können an diesen Stellen entnommen werden. Um das Abstürzen der Studierenden oder anderer Personen, welche die Ablesungen der Instrumente oder sonstige Besorgungen auszuführen haben, zu verhindern, wurde die Leiter mit Schutzbügeln versehen.

Der an das Kesselhaus links sich anschliessende Kraftgasraum (Blatt 3) enthält den Skrubber mit Wasserrieselung, den Wascher, den Gasbehälter und einen Gasmesser.

In dem daneben liegenden Gasmotorenraum sind eine 8pferdige und eine 25pferdige Gaskraftmaschine nebst den dazu gehörigen und für die Untersuchung erforderlichen Einzelheiten aufgestellt. Für gewöhnlich wird der 8pferdige Motor mit Leuchtgas betrieben, doch kann er ebenso mit Kraftgas gespeist werden, wie dem 25pferdigen Kraftgasmotor Leuchtgas zugeführt werden kann.

Die Kraftgasanlage, die Gasmotoren nebst allem Zubehör wurden von der Gasmotorenfabrik Deutz geliefert.

In der über dem Gasmotorenraum liegenden Werkstatt finden sich: 2 Drehbänke, 1 Bohrmaschine, 1 Feilmaschine, 1 Schleifstein u. s. w., sowie die Transmission, welche von den Gasmotoren angetrieben werden kann; ferner die Einrichtungen zu Untersuchungen von Getrieben. Ein Schwenkkrahn (Blatt 3) ermöglicht den Transport schwerer Gegenstände in die Werkstatt und von ihr ins Freie.

Die hinter dem Gasmotorenraum gelegene Schmiede (vergl. Blatt 3) ist durch eine verglaste Wendeltreppe von der Werkstatt aus leicht zugänglich.

Der hinter dem Kesselhaus stehende Schup-

pen (Blatt 3 und 5) ist zur Hälfte für die Aufbewahrung von Brennmaterial bestimmt, zum anderen Teile zur Unterbringung von beweglichen Einrichtungen verschiedener Art, insbesondere von solchen zu hydraulischen Versuchen; ausserdem ist in diesem Teil ein Erdölmotor aufgestellt. Die vorhandene Gleisverbindung mit Drehscheibe (Batt 3) ermöglicht den leichten Transport der betreffenden Einrichtungen.

An Betriebspersonal stehen dem Laboratorium ausser mir als Vorstand zur Verfügung: ein wissenschaftlich gebildeter Maschineningenieur (Maschineninspektor), ein Maschinenmeister, 2 Schlosser, 1 Heizer und 1 Arbeiter.

Bei dem Entwurf des ganzen Baues und seiner Einzelheiten bin ich — soweit es die Verhältnisse jeweils gestatteten — auf möglichste Zugänglichkeit, auf thunlichst viel Licht (vergl. insbesondere Bl. 2) sowie darauf bedacht gewesen, dass die Räume, die Maschinen und sonstigen Einrichtungen sauber gehalten werden können, und zwar nicht bloss im unmittelbaren Interesse des Unterrichts sowie zum Zwecke, die Instandhaltung zu sichern, sondern namentlich auch deshalb, damit die Studierenden, welche in dem Laboratorium gearbeitet haben werden, sich während ihrer späteren Thätigkeit als entwerfende und ausführende Ingenieure derselben Rücksichtnahme befleissigen möchten. In den bezeichneten Richtungen wird heute bekanntlich noch recht häufig gesündigt.

Dabei wurde der Umstand, dass das Laboratorium seiner Natur nach nicht ein auf Jahrzehnte hinaus fertiges Institut, sondern eine in fortgesetzter Entwicklung begriffene Arbeitsstätte für Unterricht und Forschung ist, stets im Auge behalten.

Bauzeit und Beginn des Betriebs.

Die Grabarbeiten wurden im April 1898 begonnen und bereits im Januar 1900 konnten die ersten Übungen mit Studierenden an der Hauptdampfmaschine aufgenommen werden. Um dies zu erreichen, war allerdings eine recht sorgfältige Vorbereitung, eine sehr eingehende, viel Mühe und Zeit erfordernde Durcharbeitung der maschinellen Einrichtungen und ihrer Einzelheiten in verhältnismässig kurzer Zeit nötig. Würde die Industrie weniger stark beschäftigt gewesen sein, so dass die vereinbarten Lieferungszeiten eingehalten worden wären, so hätten die ersten Übungen bereits im Oktober 1899 begonnen werden können.

Stuttgart, den 19. Juli 1901.

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

Theodor Paul (Tübingen), Die Bedeutung der Ionen-Theorie für die physiologische Chemie. [1])

Weitaus die meisten biologischen Vorgänge in Pflanzen und Tieren beruhen auf einer Wechselwirkung der Stoffe in gelöstem Zustande, da nicht nur die flüssigen Bestandteile der Organismen, sondern auch die festeren Gewebe als Lösungen aufzufassen sind, seitdem die neuere Chemie ausser den flüssigen auch feste Lösungen kennt. Es war deshalb zu erwarten, dass die Fortschritte, welche man in der Erkenntnis des Wesens der Lösungen machte, auch befruchtend auf die Physiologie einwirken, und dass zwei wissenschaftliche Errungenschaften ersten Ranges, die Theorie der Lösungen von van't Hoff und die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Svante Arrhenius, durch welche unsere Anschauungen vom Zustande der Stoffe in Lösungen in vollkommen neue Bahnen gelenkt worden sind, für gewisse Gebiete der physiologischen Chemie einen Wendepunkt bedeuten würden. Obwohl die Zahl der Forscher, welche diese Theorien für die Lösung physiologisch-chemischer und allgemein-physiologischer Probleme nutzbar zu machen versuchten, noch relativ klein ist, und wenn auch die Ergebnisse ihrer Untersuchungen vielfach noch sehr lückenhaft sind, so lässt sich doch schon jetzt mit Bestimmtheit sagen, dass viele der zahllosen Widersprüche und Unklarheiten, denen man in der physiologischen Litteratur so häufig begegnet, nur auf Grund dieser neueren Anschauungen gelöst werden können. Bisher nahm man an, dass in einer wässerigen Lösung, z. B. in einer Kochsalzlösung, neben den Wassermolekeln Chlornatrium-Molekeln enthalten sind. Da aber eine solche Lösung den elektrischen Strom leitet, und da deren osmotischer Druck grösser ist, als den molekularen Verhältnissen entspricht, so nimmt man nach der Theorie der elektrolytischen Dissoziation oder der „Ionen-Theorie" an, dass in einer Kochsalzlösung nicht sämtliches Salz in der Form von *NaCl*-Molekeln enthalten ist, sondern dass die Mehrzahl der letzteren in elektrisch geladene Teilstücke, die Natrium-Ionen (*Na*-Ionen)

1) Vereinigte Sitzung der beiden Hauptgruppen, Mittwoch, 25. September 1901.

und die Chlor-Ionen (*Cl*-Ionen), zerfällt, welche den Transport der Elektrizität beim Durchgange eines elektrischen Stromes vermitteln, und deren jedes den osmotischen Druck der Lösung in demselben Grade beeinflusst, wie eine intakte Molekel. Dieser Vorgang der Spaltung der Kochsalzmolekeln in elektrisch geladene Ionen, welcher stets mit dem Auflösen des Salzes in Wasser verbunden ist und ohne jede Zuführung der Elektrizität von aussen vor sich geht, findet bei sämtlichen Salzen, Säuren und Basen statt, Stoffen, deren wässerige Lösungen den elektrischen Strom leiten, und welche man deshalb mit dem gemeinsamen Namen „Elektrolyte" bezeichnet. So zerfällt das salpetersaure Silber $AgNO_3$ in das positive Silber-Ion (*Ag*-Ion) und in das negative Salpetersäure-Ion (NO_3-Ion), das chlorsaure Kalium in das positive Kalium-Ion (*K*-Ion) und in das negative Chlorsäure-Ion (ClO_3-Ion). Die Säuren sind dadurch charakterisiert, dass sie sämtlich in wässeriger Lösung positive Wasserstoff-Ionen (*H*-Ionen) abspalten, unter gleichzeitiger Bildung eines für jede Säure charakteristischen negativen Ions. Die Ionen der Salzsäure sind die positiven Wasserstoff-Ionen (*H*-Ionen) und die negativen Chlor-Ionen (*Cl*-Ionen), diejenigen der Salpetersäure die positiven Wasserstoff-Ionen (*H*-Ionen) und die negativen Salpetersäure-Ionen (NO_3-Ionen), und die der Essigsäure die positiven Wasserstoff-Ionen (*H*-Ionen) und die negativen Essigsäure-Ionen ($CH_3.COO$-Ionen). Die Basen sind Verbindungen, welche in wässeriger Lösung negative Hydroxyl-Ionen (*OH*-Ionen) neben den für jede Base spezifischen positiven Ionen abspalten. So enthält die Kalilauge ausser den negativen Hydroxyl-Ionen (*OH*-Ionen) positive Kalium-Ionen (*K*-Ionen), die Natronlauge positive Natrium-Ionen (*Na*-Ionen) und die wässerige Ammoniaklösung positive Ammonium-Ionen (NH_4-Ionen). Die „Stärke" der Säuren und Basen richtet sich nach dem Dissoziationsgrade dieser Verbindungen. Eine Säure oder eine Base ist um so stärker, je grösser die Konzentration der positiven Wasserstoff-Ionen oder negativen Hydroxyl-Ionen in ihrer wässerigen Lösung ist, wenn gleiche molekulare Mengen dieser Verbindungen gelöst werden. So ist die Essigsäure eine ungefähr hundertmal schwächere Säure, als die Salzsäure, und das Ammoniak eine ungefähr hundertmal schwächere Base, als die Kalilauge.

Obgleich diese neue Auffassung vom Zustande der Stoffe in Lösungen, gegenüber unserer bisherigen Anschauung, wegen der angenommenen Spaltung der Molekeln und des Heranziehens neuer hypothetischer Hilfsstoffe, der Ionen, eher einen Rückschritt als einen Fortschritt zu bedeuten scheint, lässt sich doch an einer Reihe von praktischen Beispielen zeigen, dass uns die Ionen-Theorie die Mittel und Wege an die Hand giebt, die Zusammensetzung verschiedener bisher ungenügend erforschter Körperflüssigkeiten zu ermitteln, und dass sie uns in den Stand setzt, komplizierte physiologisch-chemische Vorgänge auf einfache wohlbekannte Gesetze zurückzuführen, und für die physiologische Wirkung vieler Stoffe eine einheitliche und ungezwungene Erklärung zu geben. So bedeutete es einen prinzipiellen Fortschritt, als vor einigen Jahren St. Bugarszky und F. Tangl bei ihren Untersuchungen über die Zusammensetzung des Blutserums durch die Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung, welche sich mit Hilfe der von Ernst Beckmann konstruierten Apparate in kurzer Zeit mit grosser Genauigkeit ausführen lässt, die Gesamtkonzentration der gelösten nichtdissoziierten Molekeln und der Ionen ermittelten, und die Konzentration der letzteren durch elektrische Leitfähigkeitsversuche feststellten. Eine ähnliche Untersuchung hat fast gleichzeitig Hans Koeppe über den Salzgehalt der Frauen- und Kuhmilch ausgeführt. Seitdem Réaumur als einer der ersten um die Mitte des 18. Jahrhunderts den Magensaft von Tieren auf seine Acidität untersuchte, ist die Zahl der darüber veröffentlichten Arbeiten auf mehrere Hunderte angewachsen. Trotzdem ist es bisher nicht möglich gewesen, die Konzentration der Säure im Magensaft in absoluten Zahlen anzugeben. Die Ursache dieses Misserfolges liegt neben der Unzulänglichkeit der Untersuchungsmethoden vor allem in der Fragestellung. Nachdem man in Erfahrung gebracht hatte, dass der Mageninhalt zur regelrechten Verdauung der Speisen sehr stark reagieren muss, war man vor allem darauf bedacht, die „freie Salzsäure" quantitativ zu bestimmen. Über den Begriff der „freien Salzsäure" herrschten indessen fast ebensoviele Ansichten, als es Untersuchungsmethoden gab, und eine Klärung dieser verschiedenen Anschauungen wurde noch dadurch um so schwieriger, als die im Magen gleichzeitig anwesenden Eiweissstoffe und Amidoverbindungen, je nach dem Grade der vorhandenen Acidität, verschiedene Mengen der „freien Säure" locker zu binden vermögen, sie aber mehr oder weniger abgeben, wenn die Konzentration der „freien Säure" unter einen gewissen Betrag sinkt. Da also die vorübergehend an Eiweissstoffe und andere Substanzen gebundene Säure ebenfalls an der Verdauung teilnehmen kann, machte man den Vorschlag, nicht die „freie Salzsäure", sondern die „physiologisch wirksame Salzsäure" zu bestimmen. Durch die Einführung dieses neuen Begriffes war wohl ein neuer Gesichtspunkt für die Beurteilung der nach den verschiedenen Untersuchungsmethoden erhaltenen Resultate

geschaffen, nicht aber ein Weg gefunden, die Frage objektiv zu lösen. Die Ionen-Theorie setzt uns in den Stand, den Begriff der Acidität des Magensaftes in ganz unzweideutiger Weise zu präzisieren: Die Acidität ist identisch mit der Konzentration der darin enthaltenen Wasserstoff-Ionen. Die exakte Messung derselben lässt sich mit Hilfe einer galvanischen Konzentrations-Kette bewerkstelligen, deren Theorie von Walter Nernst aufgestellt wurde. Die Titration lässt sich hierzu nicht benutzen, da gleiche molekulare Mengen der starken Salzsäure und der schwachen organischen Säuren, wie Essigsäure und Buttersäure, gleiche Volumina Kalilauge oder Natronlauge zur Sättigung brauchen. Damit soll nicht in Abrede gestellt werden, dass sich mit Hilfe passend gewählter Indikatoren, wie z. B. Methylviolett, Tropäolin oder Kongorot, welche erst auf eine grössere Wasserstoff-Ionen-Konzentration reagieren, für die ärztliche Praxis brauchbare, vergleichende Werte ermitteln lassen. Ja, es ist wünschenswert, dass diese Methode mit Hilfe der Theorie der Indikatoren weiter ausgebildet wird, welche Wilhelm Ostwald auf Grund der Ionen-Theorie aufgestellt hat, und die es ermöglicht, die zahlreichen Indikatoren der Acidimetrie und Alkalimetrie nach einem einheitlichen Gesichtspunkte zu klassifizieren und die für jeden Indikator charakteristische Empfindlichkeitsgrenze festzustellen. In neuester Zeit hat Rudolf Höber versucht, die Konzentration der Hydroxyl-Ionen im Blut, also dessen Alkaleszenz zu bestimmen, indem er defibriniertes Rinderblut mit verdünnter Natronlauge bezw. Salzsäure von bestimmtem Gehalt zu einer galvanischen Konzentrationskette verband und die elektromotorische Kraft des auftretenden galvanischen Stromes ermittelte. Wenn auch die bei diesen ersten Versuchen erhaltenen Zahlen noch mit recht grossen Fehlern behaftet sind, so zeigen sie doch die prinzipielle Brauchbarkeit der Methode. Die Eigenschaft der Eiweissverbindungen, mit stärkeren Säuren lockere, salzartige Verbindungen zu bilden, welche für die Pepsinverdauung sehr wichtig sind, hat vor mehreren Jahren John Sjövist auf Grund der Ionen-Theorie klar gelegt und mit Hilfe von elektrischen Leitfähigkeitsmessungen quantitativ bestimmt. Einige Jahre später (1898) haben Stefan Bugarsky und Leo Liebermann das Bindungsvermögen eiweissartiger Stoffe für Salzsäure, Natriumhydroxyd und Kochsalz durch die Messung der elektromotorischen Kräfte in galvanischen „Gasketten" und durch die Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung ermittelt. Die nach diesen, voneinander unabhängigen Methoden gefundenen Werte stimmen befriedigend überein und sind insofern ein für die Stichhaltigkeit und Zweckmässigkeit der neueren Anschauungen, als die darauf gegründeten Rechnungen sich der Erfahrung anschliessen.

Paul Grützner hatte gefunden, dass die Kaseïnfällung in der Milch, welche durch äquimolekulare Säurelösungen veranlasst wird, je nach der Stärke der betreffenden Säure quantitativ ganz verschieden ist. Setzt man den Säurelösungen gleichionige Salze zu, wie z. B. der Essigsäure essigsaures Natrium, so wird die Menge des ausgefällten Kaseïns geringer, obwohl bekanntlich die Salze die Ausfällung von Eiweisskörpern im allgemeinen unterstützen. Wie war diese merkwürdige Erscheinung zu erklären? Die Ionen-Theorie giebt auf diese Frage folgende Antwort: die Konzentration der Wasserstoff-Ionen in der wässerigen Lösung einer mittelstarken oder schwachen Säure muss nach dem Massenwirkungsgesetze durch den Zusatz eines gleichionigen Salzes geringer werden, und deshalb wird die Fähigkeit der Säure, das Kaseïn auszufällen, auch geringer. Mit Rücksicht auf die grosse Bedeutung, welche dem Verhalten der Harnsäure und ihrer Salze im Blute, im Harn und in den Gewebsflüssigkeiten zukommt, da verschiedene häufig auftretende und besonders schmerzhafte Krankheiten auf einer pathologischen Abscheidung der Harnsäure und ihrer Salze im Körper beruhen, haben Wilhelm His d. J. und Theodor Paul begonnen, das Verhalten dieser Stoffe in Lösungen vom Standpunkte der Ionen-Theorie einer systematischen Untersuchung zu unterziehen. Sie fanden u. a. in Übereinstimmung mit den Lehren der Ionen-Theorie, dass die Abscheidung eines schwerlöslichen harnsauren Salzes aus einer Lösung nicht nur von der Löslichkeit des betreffenden Salzes abhängt, sondern dass die gleichzeitig in der Lösung anwesenden Salze, welche mit jenem ein Ion gemeinsam haben, eine beträchtliche Löslichkeitsverminderung veranlassen können. So löst sich z. B. das saure harnsaure Natrium in Wasser von Zimmertemperatur im Verhältnis von 1 : 1130, in einer physiologischen Kochsalzlösung dagegen, welche nur 7 g Chlornatrium im Liter enthält, erreicht die Löslichkeit nicht einmal das Verhältnis 1 : 11000, da die Dissoziation des Natriummuriats durch die Natrium-Ionen des Kochsalzes erheblich vermindert wird. Eine weitere Überlegung zeigte, dass die zur Zeit noch ganz allgemeine Vorstellung irrig ist, wonach die Darreichung von Lithium-, Piperazin-, Lysidin- und ähnlichen Präparaten, deren harnsaure Salze in Wasser leicht löslich sind, im Organismus eine Umsetzung mit den abgelagerten schwer löslichen harnsauren Salzen und die Bildung der leichtlöslichen Verbindung veranlassen könne.

Im innigen Zusammenhange mit der Kon-

1) Ve
25. Septemb

stitution einer Lösung steht auch ihre physiologische Wirkung, und da die Salze, Säuren und Basen in wässeriger Lösung mehr oder weniger in Ionen zerfallen, muss sich auch deren physiologische Wirkung aus derjenigen der nicht dissoziierten Molekeln und der Ionen zusammensetzen. Thatsächlich haben zahlreiche Beobachtungen diese Erwartung bestätigt. So besitzen nach den Versuchen Wilhelm Pfeffers die verschiedenen äpfelsauren Salze, deren wässerige Lösungen sämtlich das Äpfelsäure-Ion enthalten, die gleiche anlockende Wirkung auf Schwärmsporen von Algen, während die nichtdissoziierenden Äpfelsäureester diese Eigenschaft nicht zeigen. Dreser prüfte die Giftwirkung von Quecksilbersalzen auf Hefezellen, Frösche und Fische, und fand, dass das Kaliumquecksilberhyposulfit viel langsamer und schwächer wirkte, als Cyan-, Succinimid- und Rhodanquecksilber, obgleich der Quecksilbergehalt in allen Lösungen gleich gross war. Er führte das abnorme pharmakodynamische Verhalten des Kaliumquecksilberhyposulfits auf die geringe Konzentration der Quecksilber-Ionen in dessen wässeriger Lösung zurück. Bei Gelegenheit einer ausgedehnten, unter Zugrundelegung der neueren physikalisch-chemischen Theorien angestellten Untersuchung über das Verhalten der Bakterien zu chemischen Stoffen aller Art haben Bernhard Krönig und Theodor Paul geprüft, ob die Giftwirkung von Metallsalzen, Säuren und Basen im Zusammenhange mit deren elektrolytischer Dissoziation stehe. Diese Untersuchung war um so interessanter, als Behring den im schroffsten Gegensatz zu dieser Annahme stehenden Satz aufgestellt hatte, dass z. B. „der desinfizierende Wert der Quecksilberverbindungen im wesentlichen nur von dem Gehalt an löslichem Quecksilber abhängig ist, die Verbindung mag sonst heissen wie sie wolle". Redner zeigt an der Hand zahlreicher Tabellen, dass diese Ansicht Behrings vollständig mit den Thatsachen im Widerspruch steht. So wurde die keimtötende Kraft der Halogenverbindungen des Quecksilbers, von denen wir wissen, dass sie verschieden stark dissoziiert sind, sehr verschieden gefunden, und zwar entsprach sie ganz dem elektrolytischen Dissoziationsgrade dieser Salze. Auch bei den Silber- und Goldsalzen liess sich Ähnliches beobachten: die gut dissoziierenden Verbindungen wirkten sehr stark, die komplexen Salze dagegen, in deren wässeriger Lösung die Konzentration der Metall-Ionen nur gering ist, waren viel weniger giftig. Die Giftwirkung der Säuren und Basen entsprach im allgemeinen der Konzentration der Wasserstoff-Ionen resp. Hydroxyl-Ionen. Auch die Änderungen des Dissoziationszustandes von Metallsalzen, welche der Zusatz eines gleichionigen anderen Salzes bewirkt, kam bei der Giftwirkung sehr schön zum Ausdruck. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten Scheurlen und Spiro, welche die Giftwirkung von Quecksilber- und Eisenverbindungen auf Bakterien prüften, und Louis Kahlenberg und seine Mitarbeiter, welche Salze, Säuren und Basen verschiedenen Dissoziationsgrades auf Pflanzenkeime einwirken liessen und die Konzentration der Lösungen bestimmten, welche diese Keime innerhalb einer gewissen Zeit abtötete. Die Untersuchungen von H. L. Stevens, J. F. Clark u. a., welche zum Teil zu anderen Ergebnissen führten, stehen mit der Ionen-Theorie nicht im Widerspruch, da diese Autoren die entwickelungshemmende Wirkung verschieden dissoziierter Elektrolyte prüften, und hierbei, wie B. Krönig und Th. Paul, nachgewiesen haben, dass nur die Gesamtkonzentration des in Lösung befindlichen Stoffes ohne Rücksicht auf seine Dissoziation massgebend ist.

Mit Rücksicht auf diese letztgenannten und andere Untersuchungen, welche die Anwendung der Ionen-Theorie auf physiologische Vorgänge betreffen, weist Redner darauf hin, dass man bei Deutung von Versuchen an höher organisierten Lebewesen, und besonders beim Tierexperiment mit grosser Vorsicht zu Werke gehen muss, da hierbei noch eine Reihe anderer Faktoren, als lediglich der Dissoziationsgrad der Stoffe und die Eigenschaften der Ionen massgebend sind. Zu verurteilen ist ferner die sich in neuerer Zeit besonders in Deutschland geltend machende Unsitte, die neueren physikalisch-chemischen Theorien für die Anpreisung von Heilmitteln und besonders für die Wirksamkeit der Heilquellen zu verwenden. Durch solche und ähnliche Gepflogenheiten kann und muss die Bedeutung der neueren Anschauungen in Misskredit gebracht werden.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 27. Oktober 1901.)

Edm. Hoppe (Hamburg), Elektrodynamische Konvektion.

Die Versuche schliessen sich an diejenigen an, welche in der Elektrot. Zeitschrift **21**, 507, 1900, veröffentlicht sind. Es handelt sich im wesentlichen um folgende Experimente. Eine Glasröhre wird zu einer engen Spitze ausgezogen, durch deren Öffnung ein Platindraht eng anschliessend, aber beweglich eingeführt wird. Füllt man diese Röhre mit einem Elektrolyten oder Quecksilber, so soll, wenn dieses Rohr in der Luft hängt, aus der Öffnung keinerlei Flüssigkeit austreten. Wird diese Vorrichtung nun in ein mit Brunnenwasser oder einer sehr schwachen Lösung gefülltes Becherglas gethan, so wird der Elektrolyt diffundieren und in ganz zarten Fäden die bekannten Schlieren bilden, während das Quecksilber nicht aus der

Röhre fliesst. Sendet man nun einen Strom durch den Apparat, indem man ein Platinblech oder eine andere Metallelektrode in das Becherglas hängt, so wird, wenn die Röhre einen Elektrolyten enthält, die Diffusion vermehrt und zwar entsprechend der Stromstärke, während bei geeigneter Stromstärke das Quecksilber aus der Röhre getrieben wird, und zwar bei wachsender Stromstärke mehr, ohne jedoch proportionale Verhältnisse zu zeigen. Das Phänomen tritt nicht ein, wenn man die Röhre mit einem Pole der Influenzmaschine verbindet, weder wenn der Becher isoliert ist, noch wenn die zweite Elektrode geerdet wird. Höchstens erscheint, wenn die Öffnung der Glasspitze etwas grösser ist, der bekannte Meniskus; aber zum Tropfen oder gar zum Ausfliessen kommt es nicht.

Dagegen erscheint das Ausfliessen des Quecksilbers, einerlei ob man den Draht zur Anode oder Kathode macht, aber im ersten Falle wird nach einiger Zeit durch die Oxydation die Öffnung der Röhre verstopft, und die Erscheinung hört auf, bis das Hindernis mechanisch beseitigt wird. Ist der Platindraht Kathode, so kann man bei geeignetem Nachfüllen der Flüssigkeit im Rohre dies Ausfliessen, wie es scheint, unbegrenzt fortdauern lassen. Eine Unterbrechung tritt nur ein, wenn im unteren Ende der Röhre die Gasentwickelung selbst eintritt und dies Gas unter dem Drucke des Quecksilbers das Ausfliessen verhindert.

Zur Erklärung der Erscheinung scheint die Oberflächenspannung nicht herangezogen werden zu dürfen wegen der negativen Versuche mit der Influenzmaschine, und weil der Draht sowohl Anode als Kathode sein kann. Dagegen scheint folgender Versuch eine dynamische Wirkung anzuzeigen: Man steckt einen Kupferdraht durch einen recht weichen, gut elastischen Gummischlauch und bindet diesen am unteren Ende fest, so wird der Schlauch, mit Quecksilber gefüllt, eine Ausbauschung erfahren; Sendet man nun durch den Draht einen Strom, so wird der Querschnitt des Schlauches kleiner. Diese Kontraktion betrug z. B. bei einem Durchmesser von 16,25 mm ohne Strom eine Verminderung auf 16,1 mm mit Strom von 4 Amp. bei 108 Volt. Das scheint daher zu kommen, dass der Strom durch das Quecksilber neben dem Drahte fliesst und die parallelen Stromfäden von dem Strome im Drahte angezogen werden. Allein genügt diese Anziehung aber nicht zur Erklärung des ersten Phänomens, da dasselbe in Luft nicht eintritt. Es ist also die Gasentwickelung auch notwendig und glaube ich, dass diese mechanische Erschütterungen hervorruft, so dass das an die Oberfläche gedrückte Quecksilber erst hierdurch zum Ausfliessen aus der Röhre gebracht wird.

(Eingegangen 4. Oktober 1901.)

Georg W. A. Kahlbaum (Basel), Über Metalldestillation und über destillierte Metalle.

Die Arbeit, über die ich Ihnen berichten will, die Destillation der Metalle und die physikalische Untersuchung derselben, ist eine recht umfangreiche, sie hat mich rund 10 Jahre — allerdings durchaus nicht ausschliesslich — beschäftigt. Berichtet habe ich Ihnen darüber bereits 1893 in Nürnberg und 1899 in München. [1])

Die Ausdehnung der Arbeit bringt es mit sich, dass ich auf Einzelheiten nicht eintreten kann, und ganze grosse Gebiete, wie die krystallographische Untersuchung der destillierten Metalle, die mein Mitarbeiter, Herr Dr. K. Roth, durchgeführt hat, vollkommen übergehen muss. In der Zeitschrift für anorganische Chemie, in der die Arbeit erscheint, wird sich das alles finden.

Von zusammenfassenden Bemerkungen über die Flüchtigkeit der Elemente sind mir aus der Litteratur nur zwei bekannt, von Lothar Meyer und Horstmann. Was da gesagt wird, ist nicht viel, nicht immer ganz klar, und widerspricht sich zum Teil. Am allgemeinsten bekannt ist der von Lothar Meyer behauptete Zusammenhang zwischen Flüchtigkeit und Atomvolumkurve. Derselbe wird folgendermassen ausgedrückt: „Nur die auf den aufsteigenden Ästen der Atomvolumkurve stehenden leicht schmelzbaren Elemente sind flüchtig."

Mit Ausschluss von Brom, Jod, Schwefel u. s. w., deren Flüchtigkeit auch bei gewöhnlichem Drucke längst bekannt ist, habe ich destilliert: Selen, Tellur, Kalium, Natrium, Lithium, Arsen, Antimon und Wismut, Magnesium, Calcium, Strontium, Aluminium und Thallium, Zink und Kadmium, Kupfer, Silber und Gold, Nickel, Eisen und Chrom, Zirkon und Blei, und vielleicht auch Zinn.

Von diesen 24 Elementen haben 11: Aluminium, Magnesium, Calcium, Strontium, Kupfer, Silber, Gold, Nickel, Eisen, Chrom und Zirkon, ihren Platz auf absteigendem Aste oder in den Minimis der Atomvolumkurve; womit der Nachweis erbracht ist, dass, in Bezug auf Flüchtigkeit, sich die auf aufsteigendem Aste findenden Elemente eines besonderen Privilegs nicht erfreuen.

Von diesen letztgenannten Metallen war allein die Flüchtigkeit des Magnesium durch Schuller, der dasselbe, und mit ihm neun von den ersterwähnten, im Vakuum destillierte, bekannt. Was Stass für Destillation des Silbers gehalten hatte, war — die Menge lässt sicher darauf schliessen — wohl nur ein mechanisches Mitführen der geschmolzenen Silberteilchen. —

Über den Destillations-Apparat habe ich

1) Diese Zeitschrift 1, 62. 67, 1899.

dem in München Gesagten nichts hinzuzufügen [1]), nur dass ich die dort beklagte Undurchsichtigkeit der für sehr hochsiedende Metalle nun einmal nicht zu umgehenden Porzellanröhren dadurch behoben habe, dass ich dieselben mit X-Strahlen durchleuchtete, und dadurch in der Lage war, die Vorgänge im Porzellanrohr zu kontrollieren.

Übrigens wurde, je nach dem Schmelzpunkte des Metalls, den eigentlichen Destillierröhren eine mehr oder weniger veränderte Form gegeben.

Da die Aufgabe nicht war, die Temperatur zu bestimmen, bei der ein Metall unter gegebenem Drucke siedete, sondern es darauf ankam, nicht unerhebliche Mengen zum mindesten zweimal überzutreiben, so wurde von einer genauen Temperaturmessung abgesehen und nur bestimmt, wie hohe Temperaturen mit den verschiedenen Wärmequellen zu erreichen waren; wobei sich ergab, dass dieselben das Intervall von 600—1450° C. umfassten. 1450° C. war nicht die höchste erreichbare, wohl aber die höchste, ohne Gefährdung des Apparates, praktisch verwendbare Temperatur.

Der Druck im Apparat ist von der Temperatur abhängig; so wechselt er, unter Belassung der gleichen Wärmequelle, mit dem steigenden oder sinkenden Gasdruck der städtischen Leitung; da er aber zugleich eine Kontrolle für das richtige Funktionieren des Apparates und die Leistungsfähigkeit der Pumpe abgiebt, wurde er täglich vielmal gemessen. Dabei ergab sich z. B. bei der Destillation des Eisens: Gesamtdauer der Operation 610 Stunden, mit einmaliger Unterbrechung des Pumpens — nicht der Destillation und der Evakuation — für etwa eine halbe Stunde behufs Auffüllen der Luftfänge nach 300 Stunden. Mittlere Temperatur 1250° C. Druck während der letzten 150 Stunden im Mittel sieben Hunderttausendstel = 0,00007 mm, nach 600-stündiger Arbeit beim langsamen Erkaltenlassen des Apparates

um 7 Uhr 0,00008 mm
„ 9 „ 0,00004 „
„ 11 „ 0,00002 „
„ 1 „ 0,00001 „ und

nach dem Löschen der Flamme

um 5 Uhr 0,0000018,

d. h. rund zwei Millionstel Millimeter.

Die letzte Zahl entspricht den niedrigsten bis heute überhaupt erzielten Drucken.

Diese günstigen Resultate wurden beobachtet bei den Versuchen, Baryum aus seinen Legierungen abzudestillieren. Das Baryum hat offenbar eine solche Verwandtschaft zu den Luftgasen, dass es sie alsbald verschluckt, und so war denn auch bei den höchsten Temperaturen kaum noch ein Druck abzulesen. Doch dies nur in Parenthese.

Die gegebenen Zahlen zeigen, dass der Apparat, was die Zeitdauer, wie den Grad seiner Beanspruchung betrifft, jeder Anforderung genügt.

Von den 24 destillierten Elementen sind neun bisher näher studiert worden, die anderen harren noch der Untersuchung. Von diesen letzteren seien nur, als besonders interessant, kurz das Calcium und das Strontium erwähnt. Das Rohmaterial zu beiden Metallen verdanke ich Herrn Prof. Dr. Adalbert von Lengyel, der die grosse Güte hatte, es mir zur Verfügung zu stellen. Beide Elemente wurden elektrolytisch gewonnen.

Ganz entsprechend den Erfahrungen am Magnesium, liessen sich beide alkalische Erden, diese ureigensten Vertreter der schwer schmelzbaren Elemente auf fallendem Ast der Atomvolumkurve, entgegen Lothar Meyers Anschauung, recht leicht verflüchtigen. Nach unserer Beobachtung Strontium wohl noch leichter als Calcium. Dies jedoch ohne Gewähr. Beide Metalle reduzieren, wie das Magnesium, Silicium aus dem Glase, resp. Porzellan, des Destillierapparates.

Calcium setzt sich als prächtig silberweisser, einen Stich ins Gelbliche zeigender, deutlich krystallinischer, von den Wandungen unschwer lösbarer Beschlag an. Das Strontium stellt wohlausgebildete, in ihrem Habitus an das destillierte Kadmium oder Silber erinnernde Agglomerate dar, stark metallglänzend, doch ins Braungelbe spielend. Das von der Färbung Gesagte gilt von den einmal destillierten Metallen, es bleibt immerhin möglich, dass bei wiederholter Destillation die Metalle silberweiss erscheinen.

Das Strontium setzt sich, im Gegensatz zum Calcium, als dichter, zäher Mantel an, der die inneren Wandungen des Destillationsgefässes so fest umgiebt, dass er sich nicht lösen, und das Porzellanrohr sich auch mit dem Hammer nur schwer zertrümmern lässt. Beide Elemente zersetzen Wasser, doch ohne sich zu entzünden; Strontium mit besonderer Heftigkeit.

Calcium verbrennt mit leuchtender weisser Flamme. Strontium zu entzünden, ist mir nicht gelungen, entweder weil die Flamme nicht heiss genug war, oder weil ich es, wie gesagt, nicht von der Porzellanwand lösen konnte. —

Die neun untersuchten Elemente waren: Tellur, Zink, Kadmium, Antimon, Wismut, Blei, Kupfer, Silber, Gold.

Alle diese schlugen sich deutlich krystallinisch nieder, so dass bei allen Winkelbestimmungen, bei der Mehrzahl Krystallmessungen, vorgenommen werden konnten. Ich gehe, wie gesagt, auf diesen Teil der Arbeit hier nicht ein. Nur die Mikrophotographie eines Tropfens

[1]) l. c.

geschmolzenen Kupfers, der ganz mit wohl ausgebildeten orientierten Oktaedern besetzt ist, will ich vorlegen. — Es war das die erste Mikrophotographie, die aufgenommen wurde, und ist leider übersehen worden, die Vergrösserung zu bestimmen. —

Der Zweck der Destillation ist, wie bekannt, Reinigung; sie ist allen chemischen Methoden, die stets auf Wechselwirkung von mehreren Stoffen beruhen müssen, aus dem Grunde überlegen, weil der Stoff für sich allein bleibt. Das Ideal der Reinigung durch Destillation ist Schneefall, weil da das destillierte Wasser fest wird, ohne mit einer Gefässwandung in Berührung zu kommen, und etwa gelöste Gase ausfrieren. Ersteres ist bei der Destillation im Vakuum natürlich nicht ausführbar, das letztere wird jedoch durch das Vakuum auch erreicht; und das ist nicht unwichtig. Ich erinnere nur an die Aufnahme von Sauerstoff durch geschmolzenes Kupfer.

Die Destillation im Vakuum wirkt durchgreifender als die unter gewöhnlichem Drucke, nicht etwa weil bei Druckabnahme die Siedetemperaturabstände immer wüchsen, dass dies nicht der Fall, habe ich genugsam nachgewiesen, sondern, weil bei vermindertem Druck und verminderter Temperatur in einer Mehrzahl von Fällen die Lösungsfähigkeit der Stoffe abnimmt. Dass das in allen Fällen für alle Temperaturen und alle Drucke gilt, behaupte ich nicht.

Dass auch die hochsiedenden Metalle auf diese Weise gereinigt werden, habe ich an drastischen Beispielen schon früher nachgewiesen. — Fraktionierte Destillation einer Nickelmünze. — Kennzeichen der Reinigung ist vollkommene Einheitlichkeit des Beschlages im Destillierrohr. Bei unreinen Metallen zeigen sich stets deutlich gesonderte, auch durch die Farbe unterschiedene Schichten, auch äusserst geringe Verunreinigungen verraten sich so. —

Neben diesem mehr rohen Hilfsmittel ist das beste Prüfungsmittel das Spektrum. Das Metall wird als völlig rein anzusehen sein, dessen Spektrum vor und nach der Destillation völlig koinzidiert. Dass bei den von uns untersuchten Metallen dieser Idealzustand bereits erreicht sei, wage ich nicht zu behaupten. Für unsere Messungen waren verhältnismässig zu bedeutende Mengen nötig, um diese beliebig oft destillieren zu können. Wir liessen uns also, vom reinsten Metall ausgehend, an zwei, zuweilen drei Destillationen genügen, als Kriterium der Reinheit die erwähnte Einheitlichkeit des Beschlages benützend. Zudem waren die geringfügigen verbleibenden Verunreinigungen für die von uns zunächst zu bestimmenden physikalischen Konstanten wohl belanglos.

Der grossen Güte der Herren Eder und Valenta in Wien verdanke ich eine photographische Aufnahme des Tellur-Spektrums. Ausgangsmaterial war sogenanntes reinstes Tellur. Nach einmaliger Destillation waren 25 Linien, nach der zweiten weitere 21 Linien, im ganzen also deren 46, ausgeschaltet. Es ist deutlich ersichtlich, wie zuerst die stärkeren, von gröberen Verunreinigungen herrührenden Linien verschwinden, oder abgeschwächt werden, während durch die zweite Destillation auch die geringfügigeren Verunreinigungen und feineren Linien betroffen werden. Andere Linien werden nur abgeschwächt, bleiben aber auch in der letzten Fraktion noch sichtbar. Aus dem früher, wie dem eben hier Gesagten geht also hervor, dass unsere Metalle wohl den Titel „sehr rein", noch nicht aber „absolut rein" verdienen.

Für die so gereinigten Metalle sollten nun als erste physikalische Konstanten die Dichten und die spezifischen Wärmen bestimmt werden. Dabei ergab sich dann leider, dass, um zu einigermassen verlässlichen Zahlen zu gelangen, sehr viel erheblichere Mengen Metall angewendet, also auch destilliert werden mussten, als ursprünglich vorausgesetzt war. Denn für Gold z. B. influiert eine Gewichtsdifferenz des verdrängten Wassers um nur 0,0001 g ein Zehntausendstel Gramm, bei Anwendung von 1,5 g Metall, die Dichte um zwei Einheiten in der zweiten, bei 5 g Metall immer noch um acht Einheiten in der dritten Dezimale.

Helfen konnte da zweierlei, schwerere Flüssigkeiten statt des verdrängten Wassers, oder mehr Metall.

Ich übergehe wieder alle Einzelheiten über schwere Flüssigkeiten, von denen wir mehr als ein Dutzend bis zum spezifischen Gewicht 3,5 (Thalliumäthylat) dargestellt haben — die auch optisch untersucht wurden —, sie haben sich alle nicht bewährt. Wir kehrten also zum Wasser zurück, das aber involvierte die Anwendung grösserer Metallmengen. Wiederum nach Versuchen in allen Richtungen entschlossen wir uns zur Bestimmung im Pyknometer. Damit war aber eine Grenze für die anzuwendenden Metallmassen durch die zulässige Grösse der Pyknometer, bedingt durch die mögliche Beanspruchung der Wage, gegeben. Daraus resultierte, dass Massen von rund 1,5 cm^3, der handlicheren Form wegen, zu Cylindern von 45 mm Höhe und 6 mm Durchmesser, im Vakuum geschmolzen, anzuwenden seien. Das entspricht etwa 30 g Gold, 18 g Blei, 16 g Silber, die aber mindestens zweimal zu destillieren waren.

Auch dieses Schmelzen im Vakuum bot mancherlei Schwierigkeiten. Antimon, mit dem Schmelzpunkt 430° C., schmolz, trotz stundenlanger Erwärmung im Luftbad von 650 bis

660° C., nicht, und konnte erst bei direkter Erwärmung mit der Flamme eines grossen Teklu-Brenners, die eine Temperatur von etwa 1000° C. giebt, geschmolzen werden. Wismut dagegen, mit dem Schmelzpunkte 270° C., schmolz vollständig im Luftbade von 280—300° C. So war einmal zu befürchten, dass ein Teil des Metalles fortsublimiere, das andere Mal, dass ein Teil noch nicht geschmolzen sei. Auch hier gaben die X-Strahlen erwünschte Auskunft.

Die Bestimmung der spezifischen Wärmen, um das kürzere Kapitel vorweg zu nehmen, erfolgte im Eiskalorimeter. Um die Frage zu entscheiden, ob das Bunsensche, oder die Schuller-Warthasche Modifikation empfehlenswerter sei, wurden die Bestimmungen in beiden Apparaten gleichzeitig vorgenommen; und zwar mit der Vorsicht, dass bei dem Bunsen-Kalorimeter das ganze Zeigerrohr in Eis gekühlt und stets möglichst an derselben Stelle der Skala abgelesen wurde. Da aber eine Teilung auf Glas nicht wohl weiter als bis auf einen Millimeter ausgeführt werden kann, wurde noch ein Vernier aus Celluloid, der in 0,25 mm geteilt war, zu Hilfe genommen, und mit der Lupe abgelesen. Koinzidenz der ganzen Teilstriche schützte vor Parallaxe. Die so gesteigerte Genauigkeit der Ablesung am Zeigerrohr macht beide Apparate völlig gleichwertig, und empfiehlt damit, da alle Wägungen fortfallen, den so montierten Bunsenschen Apparat, als den handlicheren.

Auf die Methode der Erwärmung, genauen Temperaturbestimmung und die Art der Einführung der Metalle in die Kalorimeter gehe ich wieder nicht ein; nur das soll bemerkt werden, dass die Resultate innerhalb der gleichen Grenzen schwankten, wie dies in der schönen Arbeit von U. Behn der Fall war, der mehr als 10 mal so grosse Mengen, stets etwa 18 cm^3, anwandte.

Wie vorauszusehen, ergaben unsere Beobachtungen der spezifischen Wärmen an den destillierten Metallen eine nennenswerte Abweichung von den früheren Bestimmungen nicht, es ist deshalb nicht nötig, hier Zahlen zu geben. —

Schon vor 18 Jahren, 1883, habe ich ein modifiziertes Flaschenpyknometer beschrieben, bei dem der Hauptmangel aller solchen Instrumente, der Fehler durch die Verdampfung, so gut wie ganz behoben war. Das Instrument hat sich, soviel ich weiss, gar nicht eingeführt, und doch hat es sich auch bei diesen Untersuchungen wieder vortrefflich bewährt, und zwar derart, dass in demselben die Dichten der Metalle bei in Summa 101 Einzelbestimmungen im Mittel bis auf 0,0016 für jedes besondere Individuum übereinstimmend gefunden werden konnten.

Im ganzen scheint das spezifische Gewicht eine so abgegriffene Grösse, die, von neuem zu bestimmen, kaum ein wesentliches Interesse beanspruchen dürfte. Diese Ansicht ist grundfalsch.

Hier ein Beispiel. Wir kennen z. B. die Dichte von gegossenem, gehämmertem, gezogenem und elektrolytischem Kupfer. Nach den Angaben schwanken dieselben zwischen 8,30 und 8,96, also um 0,66, oder rund 8 Proz. des Wertes.

Welches ist nun da das spezifische Gewicht des chemischen Elementes Kupfer, dem doch ein ganz bestimmtes, einziges und unwandelbares Gewicht zukommen muss? Das wissen wir nicht. Ein eingehendes Studium war also nach der Richtung erwünscht und geboten. —

Als Ausgangsmaterial für die Kupferdestillation diente uns norwegisches Kronkupfer, das 99,92 Proz. reines Kupfer enthält. Aus einem kleinen Block dieses Kupfers von etwa 40 mm Breite, 50 mm Höhe und 70 mm Länge, von dem reichlich ein Drittel schon anderweitig verwandt war, wurden 4 Stäbchen in den gedachten Dimensionen abgedreht, und die Dichte bestimmt. Es wurde gefunden:

Cu_1 = 8,4412
Cu_2 = 8,6926
Cu_3 = später bestimmt.
Cu_4 = 8,4297.

Bei einer Genauigkeit der Bestimmung, die etwa 0,001 beträgt, weichen also die Werte um rund drei Einheiten in der ersten Dezimale, oder 3,5 Proz. des Wertes ab, und das bei einem so kleinen Block, der aus so reinem Material besteht. — Daraus erhellt, dass das, was wir als spezifisches Gewicht bestimmen, eine sehr viel individuellere Grösse ist, als im allgemeinen angenommen wird.

Sehen wir von etwa aufgenommenem Sauerstoff ab, der bei einem so kleinen Block wohl gleichmässig verteilt sein dürfte, so erklärt sich die Differenz, um es mit einem Wort auszudrücken: aus Gussfehlern, die, ob ganz oder nur zum Teil bleibt zu beobachten, durch Pressung des Metalls behoben werden können.

Rationelles Pressen, rationell, weil ich genau weiss, mit welchem Druck, ist nur in Flüssigkeiten ausführbar, in denen — hier das Metall — von allen Seiten gleichmässig, nach keiner Seite ausweichen könnend, in sich selbst hineingepresst wird. —

Ich übergehe wieder alle Vorversuche. Gepresst wurde in Rizinusöl, der denkbar zähesten Flüssigkeit. Um die Metalle vor dem Eindringen des Öls zu schützen, wurden dieselben, in Papier eingeschlagen, in Gummi eingebunden. Das hat sich voll bewährt. Vorgenommen wurde die Pressung in einem Cylinder aus

bestem Werkzeugstahl von rund 300 mm Höhe, 150 mm Durchmesser, 65 mm Wandstärke, in den ohne jede Dichtung ein glasharter Stahlstempel, vom Durchmesser 20.65 mm, genau passte. Das ergiebt für die Stempelbasis 3.35 cm^2, so dass derselbe pro Atmosphäre auszuübenden Drucks mit 3.35 kg belastet werden musste. Ausgeführt wurden die Pressungen in der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt am Polytechnikum zu Zürich, mit der grossen Presse, die einen Druck bis zu 150000 kg pro Quadratcentimeter zu geben gestattet.

Begonnen habe ich mit einem Druck von 4000 Atmosphären, den ich 15 Minuten gab, und bin dann schrittweise aufgestiegen bis auf 10000 Atmosphären bei 11 stündiger Dauer, und weiter zu 20000 Atmosphären bei 1 stündiger Dauer der Pressung; d. h. zuletzt ruhte auf jedem Stäbchen eine Belastung von 180000 kg, was 18 Eisenbahn-Wagenladungen entspricht.

Es sind dies für solche Flüssigkeitspressungen ganz ungewöhnlich hohe Werte. Bei dem Huber'schen Pressverfahren zum Kaltformen hohler Metallkörper z. B. wird nur 1 Minute und nur auf 7000 Atmosphären gepresst.

Nach diesen Pressungen zeigten sich die Metallstäbchen wesentlich verändert. Der Glanz der Politur, alle Stäbchen waren trocken poliert, war vernichtet, und statt dessen die Oberfläche mit Narben, Poren, ja tiefen Löchern dicht besetzt. Sie waren abgeplattet, verbogen, gekrümmt; bald waren sie länger geworden, z. B. war das destillierte Silber nach 11 stündiger Pressung auf 10000 Atmosphären um 1,8 mm gewachsen; bald verkürzt, das gleiche Silber war nach Pressung auf 20000 Atmosphären um 2,7 mm zurückgegangen; bald waren sie dicker geworden, so ging z. B. das destillierte Kupfer nicht mehr durch den Hals des Pyknometers, u. s. w. Mit einem Wort, die Metalle werden unter diesen Drucken plastisch.

Für die so gepressten Metalle wurden nun die gleichen Konstanten festgelegt. Neben den spezifischen Gewichten auch die spezifischen Wärmen.

Es ist nicht gerade viel, was sich aus den weit über 100 Bestimmungen der spezifischen Wärme ableiten liess; etwa das Folgende: Bei dem gleichen Stoff nimmt mit wachsendem Druck, dem er ausgesetzt wird, die spezifische Wärme ab, aber der Wert dieser Abnahme liegt, bei der für uns erreichbaren Genauigkeit, so hart an der Fehlergrenze, dass er sich mehr empfinden, als mit Zahlen belegen lässt.

Dabei ist jedoch zu bemerken, dass wir Wärmemessungen nur an den bis 10000 Atmosphären gepressten Metallen, nicht mehr an den höher gepressten vornehmen konnten. Im Sommer versagen die Eiskalorimeter.

Und nun zu den spezifischen Gewichten. Dieselben ergaben folgendes.

Ich gebe wiederum nur eine kleine Auslese der bestimmten Werte. (Tabelle I.)

Die Dichten nehmen zu! — Je geringer sie ursprünglich sind, umsomehr wachsen sie! Cu_4, ursprünglich leichter als Cu_1, übertrifft nach 11 stündiger Pressung auf 10000 Atmosphären an Dichte Cu_1, und nimmt dann bei weiterem Pressen bis auf 20000 Atmosphären um einen geringeren Betrag zu. Die Differenz zwischen beiden, die ursprünglich 0,0115 aus-

Tabelle I.

	I	II		III	IV	Mittlerer Fehler = 0,0016			
	Vor der Pressung	11 Std. auf 10000 Atm.	Δ I—II	1 Std. auf 12000 Atm.	1 Std. auf 20000 Atm.	Δ I—III	Δ I—IV	Δ II—III	Δ II—IV
Cu_1	8,4412	8,8962	+ 0,4550		8,9115		+ 0,4703		+ 0,0153
Cu_2	8,6926	8,9122	+ 0,2196	8,9101		+ 0,2175		— 0,0021	
Cu_3		8,8693		8,8739				+ 0,0048	
Cu_4	8,4297	8,9088	+ 0,4791		8,9121		+ 0,4824		+ 0,0033

Tabelle II.

	I	II		III	IV	Mittlerer Fehler = 0,0016			
	Vor der Pressung	11 Std. auf 10000 Atm.	Δ I—II	1 Std. auf 12000 Atm.	1 Std. auf 20000 Atm.	Δ I—III	Δ I—IV	Δ II—III	Δ II—IV
Pb	11,3414	11,3457	+ 0,0043	11,3298		— 0,0118		— 0,0159	
Cd	8,6462	8,6477	+ 0,0015	8,6390		— 0,0072		— 0,0087	
Cu	8,9326	8,9377	+ 0,0051		8,9317		— 0,0009		— 0,0060
Zn	6,9225	7,1272	+ 0,2047						
Sb	6,6178	6,6909	+ 0,0731						
Au	18,8858	19,2653	+ 0,3795	19,2646		+ 0,3788		— 0,0007	
Ag	10,4923	10,5034	+ 0,0111		10,4993		+ 0,0070		— 0,0041

machte, beträgt nun nur noch 0,0006, liegt innerhalb der Fehlergrenze.

Wesentlich anders gestaltet sich das Bild bei den destillierten Metallen. (Tabelle II.)

Die Metalle zeigen alle eine Zunahme, dann aber wieder eine Abnahme der Dichte. Die Differenzen, die wir beobachtet, liegen zum grossen Teil ausserhalb der Fehlergrenze, die, wie wir schon sagten, etwa 0,0016 im Mittel beträgt. Eintreten aber können Fehler dadurch, dass die, die Metalle doch immer umgebende Luft in die Poren hineingepresst wird, das konnte in der That zum Teil auch direkt beobachtet werden. Deshalb wurden die Metalle vor der Bestimmung erst eine Stunde lang im tiefen Vakuum auf 100° C. erhitzt. Möglich, wenn auch nicht wahrscheinlich, ist nun, dass dabei eine nicht mehr zurückgehende Dehnung stattgefunden hat. Eine Änderung des Gewichtes der Metallcylinder konnte nicht konstatiert werden.

Das sind die Thatsachen. Einer Erklärung enthalte ich mich zunächst. Um dem Einwand zu begegnen, dass die ja augenscheinliche und nicht zu vermeidende Oxydation von Einfluss sei, wurde der Cylinder aus Blei, der die wahrnehmbarste Oxydationshaut zeigte, von neuem abgedreht und poliert. Das spezifische Gewicht

wurde gefunden zu = 11.3307
vorher war es = 11.3298
Differenz = 0.0009

d. h. also voll innerhalb der Fehlergrenze.

Hierin scheint also eine Fehlerquelle nicht zu liegen. Dagegen will ich bemerken, dass Heinrich Rose sowohl, der Gold unter dem grossen Prägestock der Berliner Münze presste, als auch Spring, dieser besonders am Blei, ähnliche, ich nenne es zunächst Unregelmässigkeiten, wahrnahmen.

Wie gesagt, ich enthalte mich hier jedes Erklärungsversuches, und stelle nur das fest, dass in der That, die Dichte der Stoffe eine Grösse ist, die noch nicht genügend bekannt, ein eingehendes Studium sehr wohl verdient.

Meiner beiden Arbeitsgenossen, des Herrn Dr. Roth, mit dem ich in täglicher Gemeinschaft wirkte, und des Herrn Dr. Siedler, der die übergrosse Mehrzahl der Dichtebestimmungen ausführte — die endgültigen Messungen festzulegen, musste ja selbstredend den jüngeren Kräften, denen der Dienst noch nicht die Zeit stiehlt, überlassen bleiben —, sei auch an dieser Stelle ausdrücklich und dankbar gedacht. (Selbstreferat des Vortragenden.)

Diskussion.

W. Nernst fragt, ob bereits Versuche mit Kohlenstoff gemacht worden seien. Nach den Erfahrungen bei Glühlampen u. s. w. sei vorauszusehen, dass derselbe unter 1400° C. flüchtig sei, und sich als Graphit ansehen werde.

Kahlbaum erwidert, dass Versuche bisher nicht angestellt seien, dieselben aber keine besonderen Schwierigkeiten voraussehen liessen.

Basel, am 21. September 1901.

(Eingegangen 26. September 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Lehrbuch der Navigation. Herausg. vom Reichsmarineamt. Drei Bände. gr. 8. (I. Terrestrische Navigation. XIII u. 341 S. mit 4 Tafeln und 142 Textfiguren. — II. Astronomische Navigation. XII u. 428 S. mit 2 Tafeln und 175 Textfiguren. — III. Anleitung zu Küstenvermessungen. IV u. 108 S. mit 1 Tafel und 29 Textfiguren.) Berlin, E. S. Mittler & Sohn. 1901. M. 16.—

Es ist bekannt, wie fruchtbar sich die engere Berührung der englischen Physiker mit der Nautik für Physik und Geophysik erwiesen hat. Die deutsche Physik steht in ihrer Allgemeinheit den Problemen der Schiffahrtskunst noch ferner, wenn auch im einzelnen deutsche Forscher Erhebliches geleistet haben. Ist nun auch das vorliegende Werk in erster Linie für die Praxis zugeschnitten, so stellt die Nautik doch ein so schönes Gebiet der praktischen Verwertung der [illegible] und Astronomie dar, dass das Werk auch [illegible]. Vertreter dieser beiden Wissenschaften [illegible] sein wird.

[illegible], 350 Seiten umfassende Band, ist der terrestrischen, der zweite, gleich voluminöse, der nautischen Navigation gewidmet, während ein ungefähr 100 Seiten umfassendes drittes Bändchen die Anleitung zu Küstenvermessungen enthält.

Den grössten Teil des ersten Bandes nimmt der Kompass ein und die Bestimmung des Schiffsmagnetismus, speziell wegen der Anwendung auf eiserne Kriegsschiffe. Für den Physiker sind hier zwei Dinge von besonderem Interesse, die Kompensation des Kompasses und die Deviationslehre. Der Seemann unterscheidet beim Schiffsmagnetismus sogenannte „Teilmagnetismen“, die er als voneinander unabhängige Einzelerscheinungen auffasst. Diese sind „der permanente oder feste Magnetismus“, der „subpermanente oder halbfeste“ und der „induzierte oder flüchtige Magnetismus“. Die ersten beiden stellen zusammen den eigentlichen Schiffsmagnetismus dar (in einen permanenten und einen sich ändernden Teil zerlegt), der letzte Teil entspricht der Induktion durch den Erdmagnetismus und ist verschieden nach Ort, Zeit, Kurs und Schiffs-

neigung. Bei der Behandlung der Deviationslehre wird der Schiffsmagnetismus durch Magnet- resp. Eisenstäbe ersetzt gedacht. Den Teilmagnetismen entsprechen Teildeviationen. So erzeugt der feste Magnetismus eine Deviation, die bei der Hälfte aller möglichen Schiffsazimute östlich ist, bei der anderen westlich; man spricht daher von einer „semicirkulären Deviation". Bei ihrer Erzeugung ist auch die vertikale Komponente des flüchtigen Magnetismus beteiligt. Die „quadrantale Deviation" rührt von der Horizontalkomponente des flüchtigen Magnetismus her; sie hat zwei Maxima und zwei Minima beim Durchlaufen aller Kurse und kann einen unregelmässigen Anteil haben, falls die induzierbaren Eisenmassen ungleich im Schiffe verteilt sind. Dazu kommt noch eine „konstante Deviation", die von unregelmässig verteilten magnetischen Massen herstammt.

Ist δ die Deviation und ζ der magnetische Kurs, so ist für jedes ζ $\sin\delta = \mathfrak{A}\cos\delta + \mathfrak{B}\sin(\zeta-\delta) + \mathfrak{C}\cos(\zeta-\delta) + \mathfrak{D}\sin(2\zeta-\delta) + \mathfrak{E}\cos(2\zeta-\delta)$ $\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \mathfrak{C}, \mathfrak{D}, \mathfrak{E}$ sind die „wahren Deviationskoeffizienten. Unter der Annahme, es dürfe δ für $\sin\delta$ der Kleinheit von δ wegen gesetzt werden, schreibt man auch

$$\delta = A + B\sin\zeta + C\cos\zeta + D\sin 2\zeta + E\cos 2\zeta,$$

worin die A, B, C, D, E nunmehr die „genäherten Deviationskoeffizienten" heissen. Die Reihe ist eine notwendig endliche Besselsche Reihe, in der A die konstante Deviation, $B\sin\zeta + C\cos\zeta$ die semicirkuläre, $D\sin 2\zeta + E\cos 2\zeta$ die quadrantale Deviation bedeuten. Mithin hat man hier ein Beispiel für eine einfache physikalische Bedeutung der Koeffizienten. Zu diesen zufällig die Form von Gliedern einer trigonometrischen Reihe besitzenden Deviationen treten noch drei andere Anteile, wovon nur die „Krängungsdeviation" erwähnt sei, die den Einfluss der Schiffsneigung abgiebt. Die verschiedenen Deviationskoeffizienten werden aus Azimutbestimmungen der Kompassnadel bei Fahrten im Kreis, aus Schwingungsbeobachtungen oder mit dem Deviationsmagnetometer bestimmt, und die Abhängigkeit der Deviation vom Schiffskurs durch harmonische Analyse festgelegt.

Die Kompasskompensation kommt darauf hinaus, die Teildeviationen für sich durch geeignete Anbringung von Magnetsystemen zu kompensieren.

Ein weiterer Abschnitt befasst sich mit der Bestimmung des Schiffsortes aus einem, zweien oder dreien Objekten an Land. Interessant ist hierbei der Begriff des „Gefahrwinkels". Liegt vor einer Küste eine Untiefe, so giebt es einen bestimmten Winkel, unter dem man zwei Landmarken stets erblicken muss, falls man die Gefahr umgehen will. Er findet sich als Peripheriewinkel über der Verbindungslinie der Landmarken als Sehne. Man hat also beim Segeln dafür zu sorgen, dass der Winkel nach beiden Marken $<$ dem vorgegebenen Gefahrwinkel bleibt. Ferner werden in diesem Bande die Lot- und Logvorrichtungen besprochen und das Segeln, speziell das auf der Loxodrome und auf dem grössten Kreise. Auch die verschiedenen Kartenprojektionen werden, soweit es den Zwecken des Buches entspricht, vorgebracht.

Der zweite Band, die astronomische Navigation, ist zunächst ein übersichtliches, klares und sehr anschauliches Lehrbuch der Astronomie, nur dass natürlich die nautischen Beobachtungsmethoden im Vordergrunde stehen. Im Kapitel der geographischen Ortsbestimmungen nehmen die Bestecksrechnungen und namentlich die Standlinienmethode, als das für die Nautik wichtigste, den breitesten Raum ein. Es folgen die Konstruktion, die Behandlung und der Gebrauch der Chronometer, sowie die Ermittelung der Uhrstände, wobei namentlich Zeitbestimmungen aus Monddistanzen und Sternbedeckungen ausführlich erörtert werden. Den Schluss dieses Bandes bildet ein Kapitel über Gezeiten und ihre harmonische Analyse.

Der dritte Band enthält die nautische Geodäsie, besonders Küstenvermessung und Aufnahme von kleineren Landstrecken. Da hier eine grosse Genauigkeit meist nicht verlangt wird, hat dieser Band für den Astronomen und Physiker nicht das Interesse, das für ihn die ersten beiden Bände besitzen.

Potsdam. A. Nippoldt.

(Eingegangen 22. August 1901.)

Johanneson, Physikalische Mechanik. gr. 8. 58 S. m. 37 Fig. Berlin, J. Springer. 1900. 1 M.

Da das Buch kein Vorwort enthält, so können wir nur vermuten, dass es für den Unterricht bestimmt ist, ob auf der Unterstufe oder nicht, lässt sich schwer erraten. Soll es ein Schulbuch sein, so ist nicht recht einzusehen, was dem Schüler mit diesem einzigen Zweige der Physik gedient sein könnte.

Augenscheinlich will der Verfasser die wesentlichsten Erscheinungen und Gesetze der Mechanik empirisch und experimentell ableiten und lässt darum eine mathematische Behandlung sehr zurücktreten. Allein bei der recht spröden Darstellung, bei der ausgesprochenen Neigung für das Abstrakte, welche das Buch verrät, bei einem Verzichten auf speziellere Veranschaulichungen und experimentelle Angaben erscheint der Titel des Werkes nicht recht einleuchtend. Offenbar haben den Verfasser vorzugsweise historische Momente geleitet, wie er überhaupt häufig ältere Litteratur seinen Angaben beifügt. Dabei ist er aber zu einer oftmals wunderlichen Stoffanordnung gekommen, was einige wenige

Beispiele erläutern mögen: So wird, ehe vom Hebel gesprochen ist, gleich am Anfange die Wage abgehandelt; so werden die Stosserscheinungen, statt bei der Bewegungslehre besprochen zu werden, unter die „allgemeinsten Erscheinungen fester Körper" versetzt; hier wird auch erst die „Dichte" besprochen, nachdem die Statik und Dynamik bereits abgeschlossen ist. Eine Absonderlichkeit des Buches ist ferner, dass gewisse Erscheinungen (wie Kapillarität u. s. w.) an zwei Stellen unter dem Titel „merkwürdige Erscheinungen" aufgeführt werden, den der Verfasser anderen, völlig gleichwertigen Erscheinungen nicht zuspricht. — Den einzelnen Abschnitten sind jedesmal ganz brauchbare Übungsaufgaben beigegeben. Behrendsen.

H. Blücher, Die Luft, ihre Zusammensetzung und Untersuchung, ihr Einfluss und ihre Wirkungen sowie ihre technische Ausnutzung. 8°. 322 Seiten. Leipzig, O. Wigand. 1900. 6 M.

Der Verf. ist bestrebt, seine Aufgabe so vollkommen wie möglich zu lösen, d. h. eine Beschreibung der Eigenschaften der atmosphärischen Luft, wie ein weiteres Titelblatt sagt, in geologischer, biologischer, meteorologischer und hygienischer Beziehung zu liefern. Da der Verf. von Beruf Chemiker, so sind alle mit seiner engeren Wissenschaft verwandten Fragen sehr ausführlich behandelt, während die rein physikalischen und die spezielleren meteorologischen Daten Quellen entnommen sind, die nicht als modern gelten können, oder wie der oft citierte Flüggesche Grundriss der Hygiene für die citierten Fragen nicht die ursprüngliche Quelle sind. So sind z. B. bei der Besprechung der mechanischen Verunreinigungen der Luft die hier epochemachenden Aitkenschen Messungen nicht erwähnt. Die physikalischen und meteorologischen Kapitel sind rein beschreibender Natur und bieten der vorhandenen Litteratur gegenüber nichts wesentlich Neues. Anders die Abschnitte über das Vorkommen seltenerer chemischer Verbindungen und von Organismen in der Luft. In diesen Dingen bildet das besprochene Buch eine wertvolle Ergänzung zu van Bebbers Lehrbuch über hygienische Meteorologie. A. Nippoldt.

(Eingegangen 22. August 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1900. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 56. Jahrg. Zweite Abteilung. Enthaltend Physik des Äthers. Redigiert von Karl Scheel. gr. 8. LII u. 794 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 27.—.

Hann, Julius, Lehrbuch der Meteorologie. Mit mehreren Tafeln in Lichtdruck, verschiedenen Karten, sowie zahlreichen Abbildungen im Text. Lieferung 9, 80 S., Lieferung 10 (Schluss), 85 u. XIV S. gr. 8. 1901. Leipzig, Chr. Herm. Tauchnitz. à M. 3.—.

Jahrbuch der Elektrochemie. Berichte über die Fortschritte des Jahres 1900. Unter Mitwirkung von K. Elbs, G. W. Küster und H. Danneel — herausgegeben von W. Nernst und W. Borchers. VII. Jahrgang. Mit 196 Figuren. gr. 8. VIII u. 596 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 24.—.

Kleiber, Johann, Lehrbuch der Physik für humanistische Gymnasien. Nach dem ministeriellen Lehrplane bearbeitet. Mit zahlreichen Figuren und Übungsaufgaben. 8. VIII u. 240 S. 1901. München, R. Oldenbourg. Geb. M. 3.—.

Kössler, Karl, Gustav Theodor Fechner. Gedächtnisrede. zur Säcularfeier seines Geburtstages gehalten im Naturwissenschaftlichen Verein an der k. k. Universität in Wien. gr. 8 26 S. 1901. Wien, Franz Deuticke. M. 1.—.

Müller, Felix, Vocabulaire mathématique. Français-allemand et allemand-français. Contenant les termes techniques employés dans les mathématiques pures et appliqués. Mathematisches Vocabularium. Französisch-deutsch und deutsch-französisch. Enthaltend die Kunstausdrücke aus der reinen und angewandten Mathematik. Zweite Hälfte. gr. 8. VIII u. 316 S. 1901. Leipzig, B. G. Teubner. M. 11.—.

Schulz, Ernst, Sammlung von Beispielen zur Berechnung elektrischer Maschinen. Mit 57 Abbildungen. gr. 8. 170 S. 1901. Leipzig, S. Hirzel. Gebunden M. 8.—.

Weinstein, B., Einleitung in die höhere mathematische Physik. Mit 12 in den Text gedruckten Figuren. gr. 8. XVI u. 399 S. 1901. Berlin, Ferd. Dümmler's Verlagsbuchhandlung. Gebunden M. 7.—.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/1902.[1])

Universität Lausanne.

Henri Dufour: Experimentalphysik I, 5; Ausgewählte Kapitel der Physik 3; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Laboratorium, täglich. — **Mayor**: Theoretische Physik 2; Mechanik 5, Übungen 1. — **Palaz**: Elektrotechnik 6; Wechselstrommaschinen und Transformatoren 2; Elektrische Einrichtungen, 2. — **Dappler**: Technische Physik (Beleuchtung Heizung, Verdampfung), 2. — **P. Dutoit**: Chemische Physik 2; Theoretische Elektrochemie 2; Praktische Elektrochemie, 2. — **Brunner**: Anorganische Chemie, 5; Aromatische Reihe, 1; Laboratorium, täglich. — **Chuard**: Analytische Chemie, 1; Agrikulturchemie, 2. — **Brélaz**: Technische Chemie, 2. — **Pelet**: Chemische Produkte, 2; Farbstoffe, 2; Arzneimittel, 2. — **Amstein**: Differential- und Integralrechnung, 6, Übungen 2; Elemente der Differential- und Integralrechnung für Naturforscher, 3. — **Joly**: Analytische Geometrie, 2; Darstellende Geometrie, 5, Übungen, 4. — **Ch. Dufour**: Astronomie, 3. — **Reiss**: Theoretische Photographie, 1; Praktikum, 2.

Vorlesungen werden in der französischen Sprache gehalten; Prüfungen und Repetitorium in Deutsch und Französisch. Die in der philosophischen Fakultät zu Lausanne verbrauchten Semester werden in der Berliner Universität voll angerechnet.

Universität Göttingen.

Nachzutragen: **Blumenthal**: Eindeutige analytische Funktionen (Weierstrasz-Hadamardsche Theorie), 3.

1) Nachtrag zu **2**, 825, 1901.

Tagesereignisse.

Die 73. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte,

welche vom 22. bis 28. September in der alten Hansestadt Hamburg tagte, nahm auch äusserlich einen sehr glänzenden Ver-

lauf. Schon der Empfang der Gäste am Sonntag zeigte, wie zahlreich dieselben herbeigeeilt waren; die Eröffnungssitzung am Montag war bereits von mehreren Tausend Teilnehmern besucht, und in der Schlusssitzung am Freitag teilte der Geschäftsführer Prof. Voller mit, dass 3500 Herren und 1200 Damen an dem Kongresse teilgenommen hatten; mit 4700 Teilnehmern übertraf die Versammlung die vorjährige in Aachen, wo sich 1100 Personen (800 Herren und 300 Damen) zusammengefunden hatten, um mehr als das Vierfache. Bei der Eröffnung wies Prof. Voller auf den äusseren Unterschied hin, den heute die Naturforscher-Versammlung im Gegensatz zu der vor 70 Jahren zeigt, wo sie zum ersten Male in Hamburg stattgefunden hatte. Damals hatten sich im ganzen 242 fremde Teilnehmer eingefunden, die eine uns heute einfach erscheinende Tagesordnung zu erledigen hatten. Es war noch nicht die Zeit, Theorien zu schaffen, sondern das Material musste auf allen Gebieten erst sorgsam zusammengetragen werden. Faraday, Robert Mayer, Helmholtz, Virchow, Darwin, und so manche andern Namen, welche für die naturwissenschaftliche Entwicklung des 19. Jahrhunderts so bezeichnend sind, waren damals noch nicht erklungen; ihre Träger traten eben erst als junge Männer in die wissenschaftliche Laufbahn ein.

Weiter wies Voller auf die äusseren Verhältnisse hin: 1830 ein zerrissenes Deutschland; 1876, ebenfalls ein Jahr einer Naturforscher-Versammlung in Hamburg, ein geeintes Deutschland, die Gemüter jedoch ängstlich in der sicheren Erwartung eines neuen Ausbruchs des Krieges zwischen zwei grossen Kulturnationen, und heute nach 25 Jahren der gesicherte Frieden und in ihm die gemeinsame Arbeit aller Kulturvölker.

Der 1. Vorsitzende der Gesellschaft, Prof. Hertwig-München, warf einen kurzen Blick auf die Geschichte der Gesellschaft, die in gewissem Sinne die Geschichte der Wissenschaft im vergangenen Jahrhundert widerspiegelt. Als sie von Ohm ins Leben gerufen wurde, 1821, erledigte sie ihre Tagesordnung in drei, später in sechs allgemeinen Sitzungen, an welchen alle Teilnehmer teilnahmen. Aber allmählich machte sich das Bedürfnis nach engeren Sitzungen geltend, kann man doch das vergangene Jahrhundert geradezu als das der Spezialisierung der Wissenschaften bezeichnen. So wurden zum ersten Male 1828 in Berlin 7 Sektionen eingerichtet. Und dann hat sich das Verhältnis der beiden Teile der Versammlung in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts allmählich vollkommen verändert; die Zahl der allgemeinen Sitzungen wurde auf 4, 3, schliesslich auf zwei herabgesetzt, und sie gewannen einen auf ein allgemeineres Publikum berechneten Charakter. Das wissenschaftliche Leben dagegen entfaltete sich in den Sektionen, deren Zahl beständig stieg. 1871 waren es bereits 15, und in den letzten Jahren war die Zahl 30 weit überschritten. Der Höhepunkt der Spezialisierung der Wissenschaften scheint jedoch jetzt überschritten zu sein, die Arbeitsgebiete der einzelnen Zweige nähern sich wieder und treten in Wechselwirkung miteinander.

Entsprechend dieser Entwicklung wurde diesmal der Versuch gemacht, mehrere Abteilungen zusammenzulegen — ihre Zahl war dadurch auf 27 gesunken — und in den allgemeinen Sitzungen Fragen in strengerer wissenschaftlicher Weise zu besprechen. Ausserdem wurde eine Gesamtsitzung beider Hauptgruppen abgehalten, die also auch den Charakter einer allgemeinen Sitzung hatte.

Ob diese Änderung sich bewähren wird, erscheint einigermassen zweifelhaft; zwar ernteten Prof. Nernst in der zweiten, Prof. Lecher in der ersten allgemeinen Sitzung reichen Beifall, — ersterer sprach über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorien für die Chemie, der letztere über die Hertzsche Entdeckung elektrischer Wellen und deren weitere Ausgestaltung. Trotzdem ist es Thatsache, dass sie von einem sehr grossen Teile ihrer Zuhörer nicht verstanden wurden, weil ihre Behandlungsweise der betreffenden Themata nicht allgemeinverständlich war und auch nicht sein konnte.

Ob andererseits Vorträge, wie der von Curschmann (Leipzig) über Medizin und Seeverkehr, oder der von Reinke (Kiel) über die in den Organismen wirksamen Naturkräfte, beide in der zweiten allgemeinen Sitzung, geeignet sind, dem wissenschaftlichen Zwecke und Ansehen dieser Versammlungen Genüge zu leisten, scheint mindestens zweifelhaft. Erging sich der erste vielfach in Alltäglichkeiten, so bewegte sich der zweite auf dem an sich schwanken Boden seines Themas mit unzulänglichen physikalischen Vorstellungen.

Von den bei solchem Massenandrang unvermeidlichen kleinen Unzulänglichkeiten abgesehen, verdient die Organisationsarbeit der Abteilungsleiter und der Ausschüsse warme Anerkennung.

Sehr drangvoll ging es bei dem Begrüssungsabend her, ebenso bei dem Festessen Mittwochs im Zoologischen Garten, bei dem sich für keinen der Festredner die zum Durchdringen nötige Ruhe erreichen liess. Ob daran mehr die Länge der Reden oder die Ungeduld der Hörer schuld hatte, sei dahingestellt. In jeder Beziehung würdig und glänzend war der Empfang im Rathause am Dienstag, auch die gleichzeitig auf den Schiffen der Hamburg-Amerika-Linie empfangenen Gäste waren sehr befriedigt. Das Konzert am Donnerstag verdiente und erntete reichen Beifall; der folgende Ball nahm einen fröhlich-belebten Verlauf. Dagegen war die Organisation der Elbefahrt nach Blankenese so unzulänglich, dass Hunderte von Teilnehmern von der Rückfahrt ausgeschlossen blieben, weil Unbefugte ihre Plätze auf den Schiffen in Besitz nehmen konnten.

Ob sich nicht für die allgemeinen Sitzungen ein Saal mit besserer Akustik hätte finden lassen, als das Konzerthaus, ist die Frage. Jedenfalls wurde die Mehrzahl der Redner nur sehr schwer verstanden. Der Sitzungssaal der physikalischen Abteilung, der Hörsaal des Staatslaboratoriums, war entschieden zu klein und verursachte namentlich durch seine mangelhafte Ventilation den Vortragenden und Hörern gleiche Pein. — Alles in allem herrschte aber eine vortreffliche Laune von Anfang bis zu Ende, namentlich gilt das von der physikalischen Abteilung. Die vielfach sehr interessanten Vorträge und angeregten Diskussionen der sehr gut besuchten Abteilungssitzungen vereinigten sich mit einem lebhaften und behaglichen persönlichen Gedankenaustausch in den Versammlungslokalen zu einer ebenso fruchtbaren, wie wohlthuenden Gesamtstimmung.

Ob sich eine solche für die physikalischen Wissenschaften im nächsten Jahre in Karlsbad in gleicher Weise wiederfinden wird und kann, ist zweifelhaft. An die Hamburger Versammlung wird jedenfalls jeder Teilnehmer mit Freude und lebhaftem Danke zurückdenken.

B. Borchardt.

Die feierliche Einweihung des neuen physikalischen Institutes der Universität St. Petersburg fand den 21. September statt.

Mit den ausserordentlichen Forderungen des neuen bayerischen Finanzgesetzentwurfs werden unter anderen auch 10000 Mark für Ausarbeitung des Plans zur Errichtung einer technischen Hochschule in Nürnberg verlangt.

Briefkasten.

Indem ich mir vorbehalte, Ableitung, Zeichenerklärung und Gebrauchsanweisung später mitzuteilen, beschränke ich mich für jetzt auf die kurze Bemerkung, dass es mir gelungen ist, Beugungstheorie und geometrische Optik zu verschmelzen und die gesamte Fehlertheorie des achsennahen Strahlengangs durch beliebig dicke Linsen mit beliebigen Abständen auf folgende wenige algebraische Symbole zurückzuführen:

Aberrationen: $-d \log m \cdot A_2; + V_4/4; -2\,U_3; -\psi/m - (3)\cdot(\chi + R_0); + W_2/2\,K$

Gleichungen: $II/\lambda_0 - 1 = 0;\ \Sigma J\, r^n - \mathfrak{J}_n = 0;\ \psi - \varphi - m^2 (\chi - \varphi) = 0;\ V + 2KU - K^2 R = 0.$

Die neue Betrachtungsweise hat sich nicht allein theoretisch wertvoll, sondern auch praktisch fruchtbar erwiesen (sie diente bereits zur Auffindung und gegenüber dem trigonometrischen Verfahren ungleich rascheren Errechnung völlig neuer photographischer Typen).

K. Strehl.

Erlangen, 8. Oktober 1901.

(Eingegangen 11. Oktober 1901.)

Personalien.

An der technischen Hochschule zu Berlin wird wegen Erkrankung von Prof. Reichel die Vorlesung über Maschinen-Grundzüge Prof. Kammerer lesen, dessen Vorlesung über Maschinenbau infolgedessen ausfällt.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

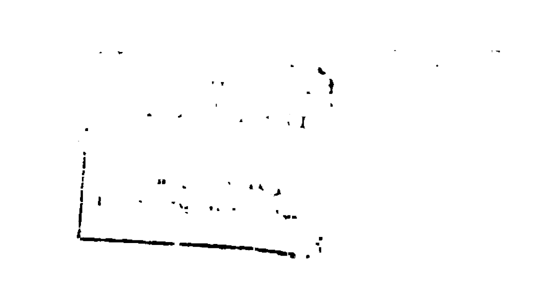
C. Bach.

Das Ingenieurlaboratorium der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart.

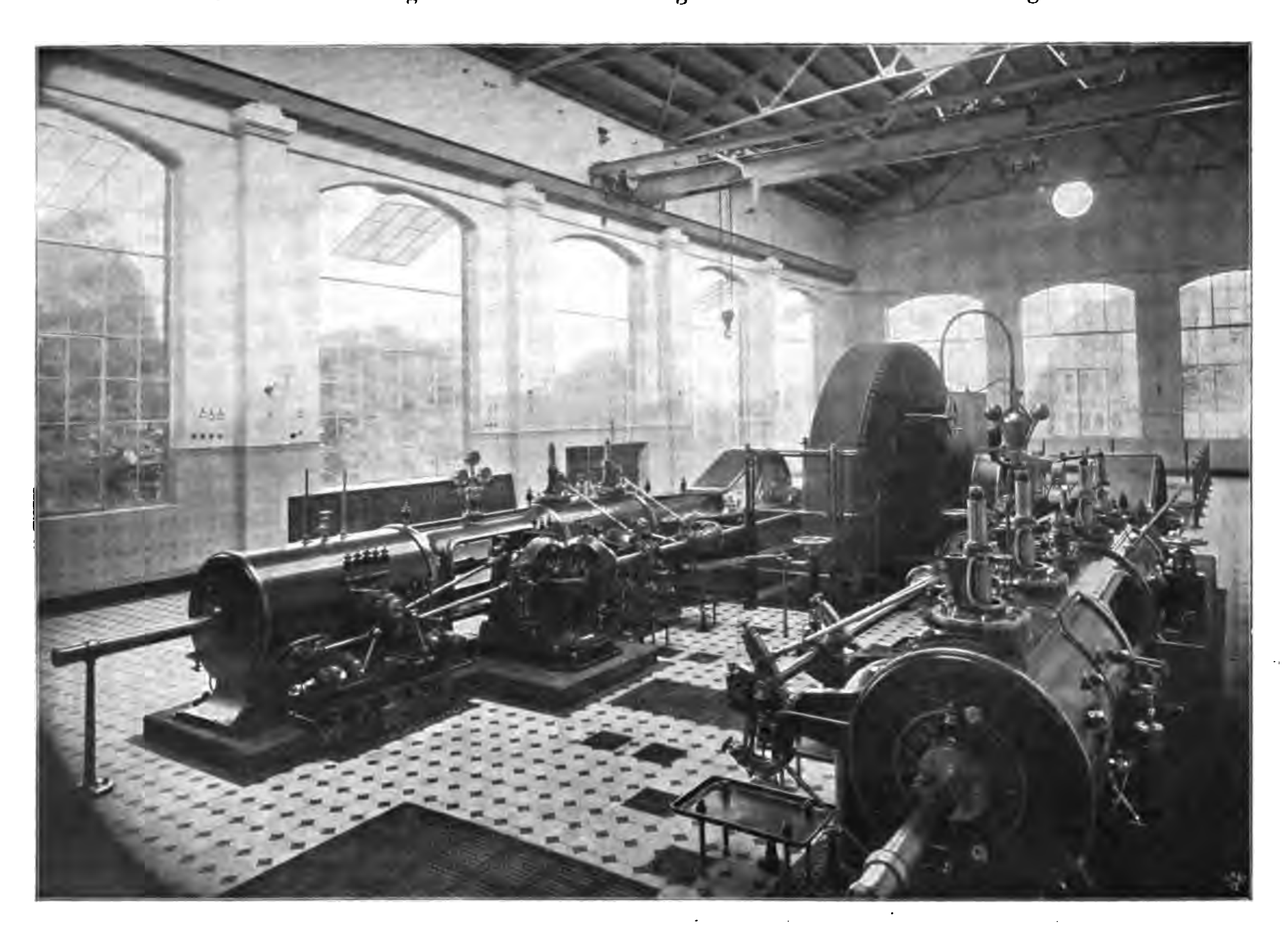


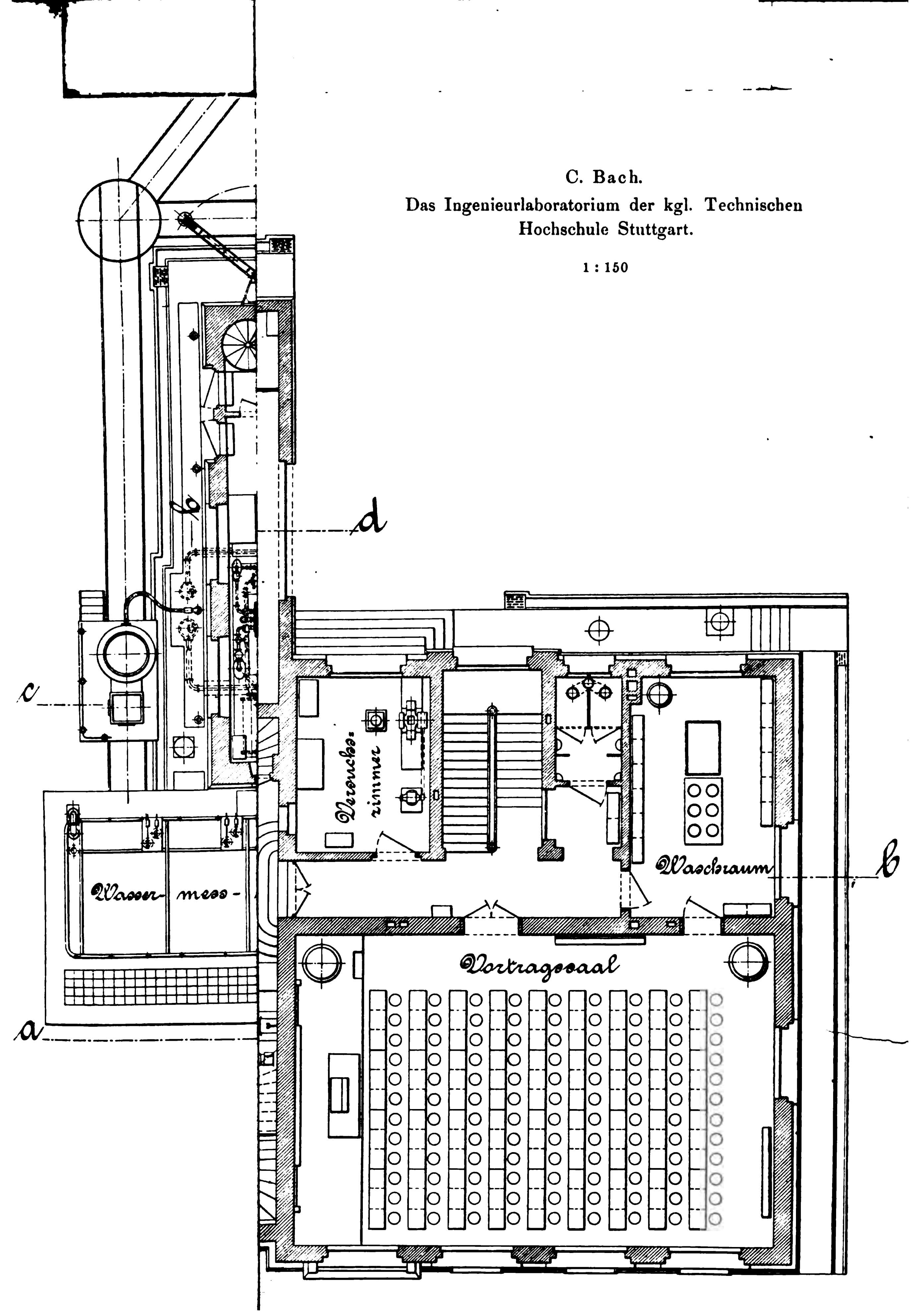


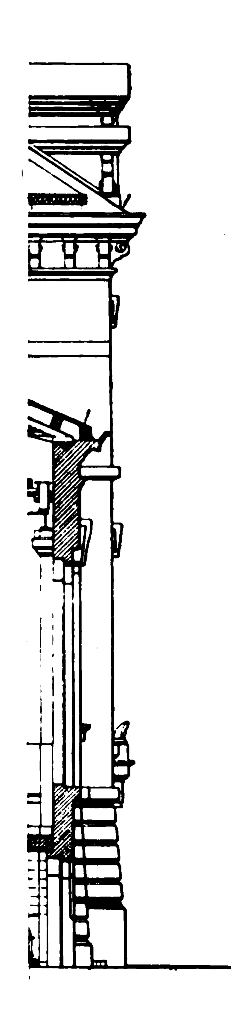


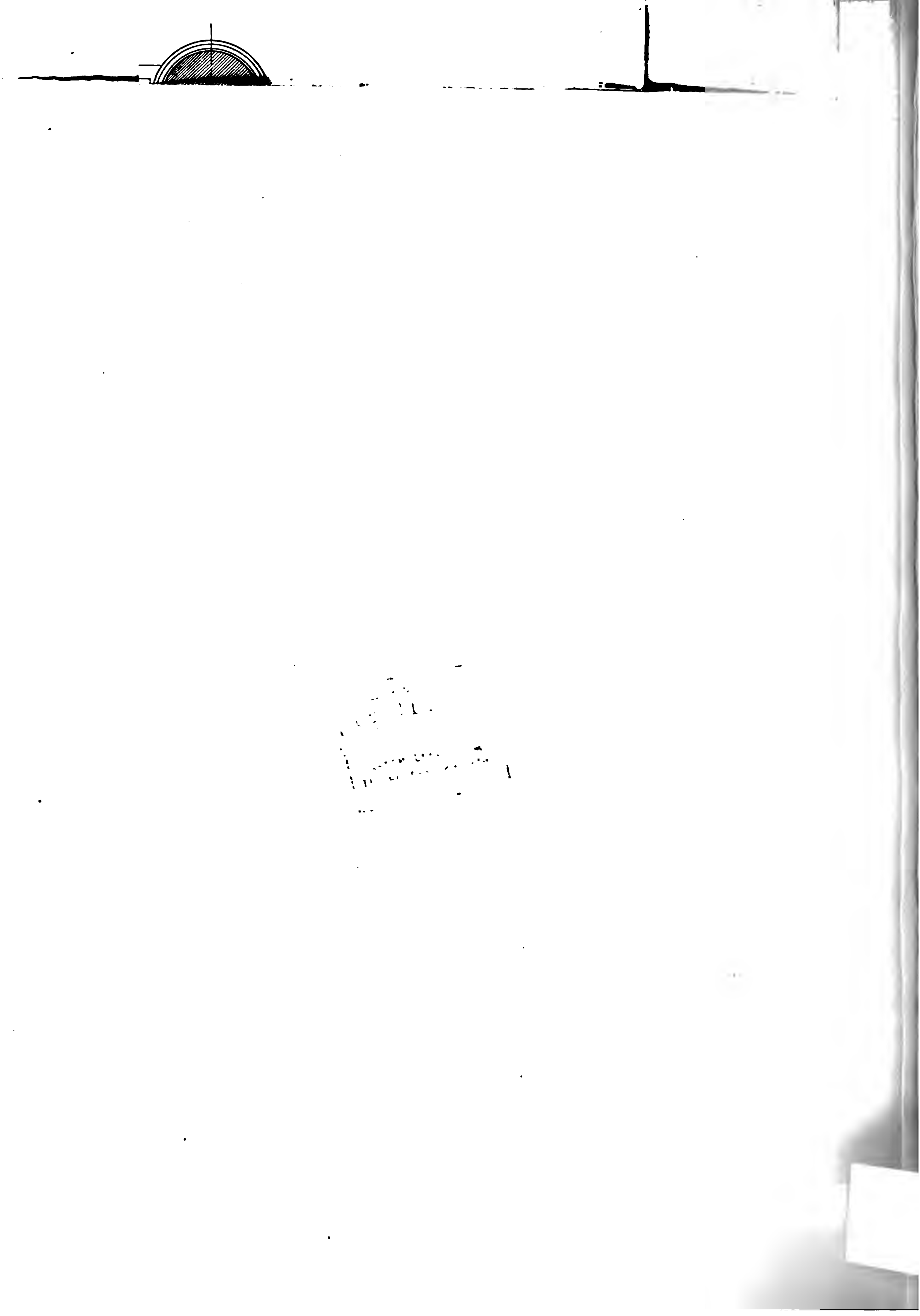


C. Bach. Das Ingenieurlaboratorium der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart.

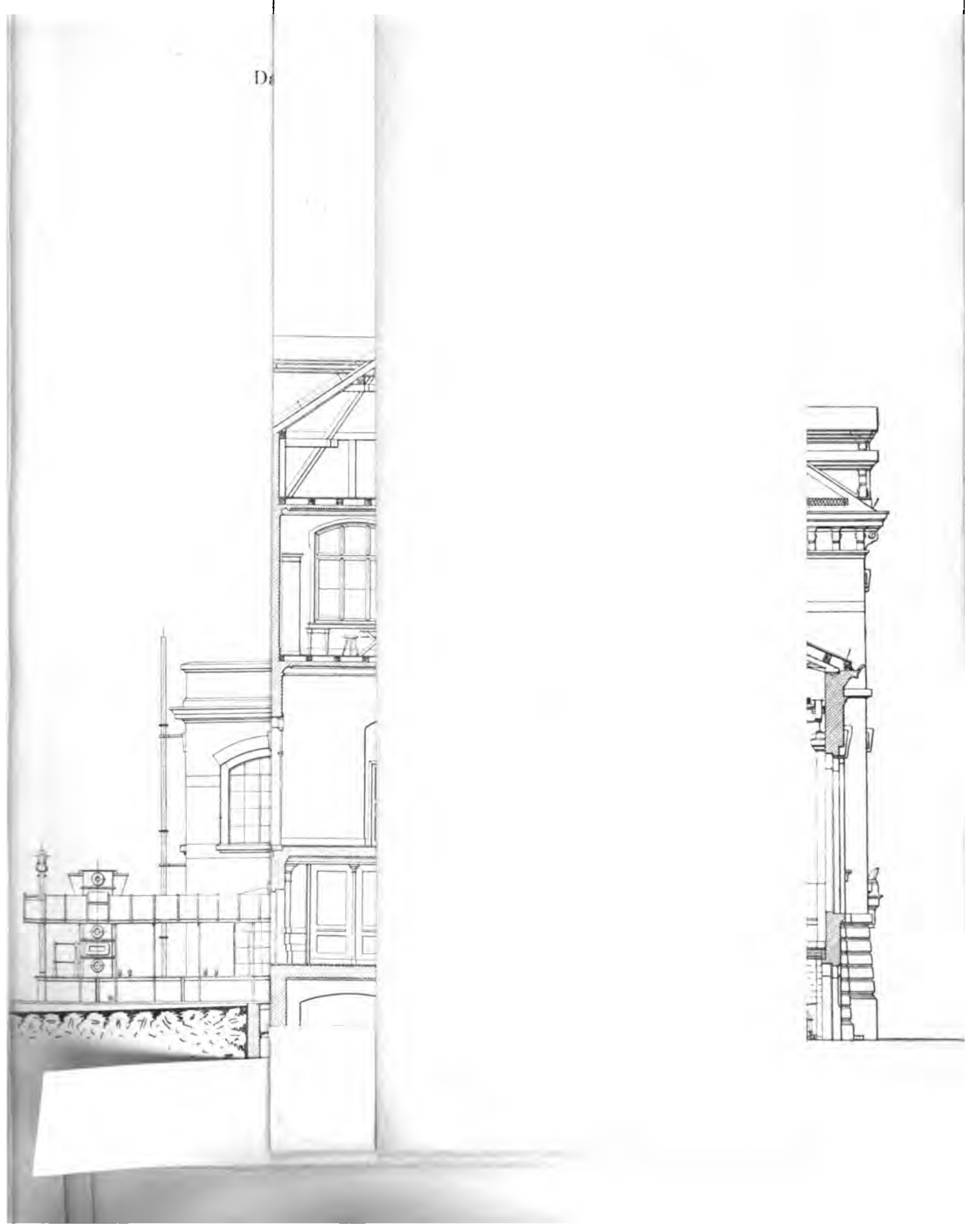



C. Bach.
Das Ingenieurlaboratorium der kgl. Technischen Hochschule Stuttgart.
1 : 150
d
c
b
a
Versuchszimmer
Waschraum
Vortragssaal
Wasser- mess-





Blatt 5.



Das Ingenieurlabor.

Hochs

Das Ingenieurlabor
Hochs

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 3. | 1. November 1901. Redaktionsschluss für No. 4. am 7. November 1901. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die elektromagnetische Wirkung von bewegten geladenen Kugeln.[1])

Von Edwin P. Adams.

In einer kürzlich veröffentlichten Arbeit über die magnetische Wirkung bewegter elektrischer Ladungen kommt Herr Cremieu zu dem Resultat, dass eine solche nicht existiere, und hat dadurch die Frage nach der magnetischen Wirkung bewegter elektrischer Ladungen von neuem zur Diskussion gebracht.

Professor Rowland, der im Jahre 1876 zuerst mit Erfolg die Frage in Angriff nahm, und jene Herren, die seine Experimente wiederholten, verwandten rotierende Scheiben als Träger der elektrischen Ladungen. Professor J. J. Thomson[2]) schlug im Jahre 1881 vor, rotierende Kugeln anzuwenden und berechnete die maximale magnetische Kraft, welche eine bis zum höchstmöglichen Potential geladene Kugel hervorbringen kann. In vieler Beziehung scheint diese Methode die natürlichste zu sein und sie wurde daher in den im folgenden beschriebenen Experimenten benützt.

Eine hohle Messingachse *AA* (Fig. 1 und 2) ist durch einen Stab *B* aus hartem Holz in zwei isolierte Hälften geteilt, deren jede an Messingstangen eine Gruppe von 16 hohlen Kupferkugeln trägt. Die beiden Gruppen von Kugeln

1) Ausführlich in Americ. Journ. of Science, August 1901.
2) Phil. Mag. 11, 236, 1881.

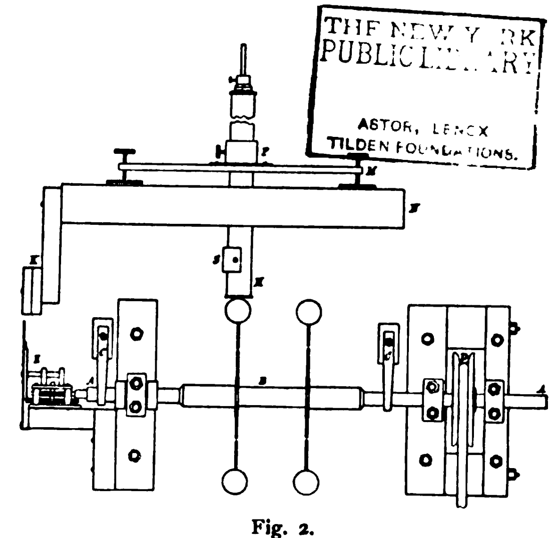


Fig. 2.

sind in dieser Weise elektrisch gegeneinander isoliert. Zur Zuführung der Elektrizität dienen die beiden Kupferbürsten *CC*, und da die Kugeln mit der Achse in leitender Verbindung stehen, so werden sie selbst elektrisch geladen. *E* ist ein Tourenzähler, der mit dem einen Ende der Achse in Verbindung steht.

Das magnetische System, an dem die direkte Wirkung der bewegten geladenen Kugeln beobachtet werden soll, befindet sich in der Messingröhre *H*, deren unteres Ende durch eine Glasplatte verschlossen ist. Diese ist mit Stanniol

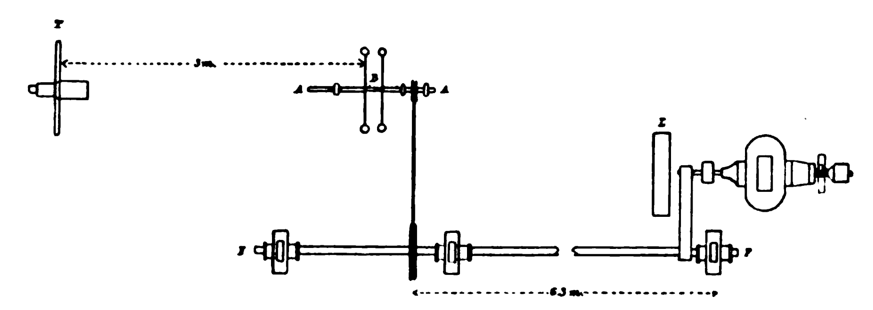


Fig. 1.

überzogen und das Stanniol in Streifen geschnitten, um Leitungsströme zu verhindern, welche in einer Richtung fliessen könnten, in welcher sie eine Ablenkung auf die Nadel hervorbringen können. Aus gut gehärtetem, magnetisiertem Uhrfederstahl werden auf einem Glimmerscheibchen einige Stücke so oben und unten befestigt, dass sie ein astatisches System bilden. Die Nadeln stehen senkrecht zur Achse. Der Spiegel ist gleichfalls auf den Glimmer aufgeklebt, etwas oberhalb des Mittels und wird durch eine mit dünnem Glase bedeckte Öffnung S der Messingröhre beobachtet. Zur Aufhängung des Magnetsystems dient ein Quarzfaden von 32 cm Länge.

Die Magnetometerröhre H ist in einer Messinghülse P befestigt, welche in die Messingplatte M eingeschraubt ist. Diese Platte trägt Fussschrauben und steht auf einer Holzkonsole N, deren Enden auf zwei Steinträgern ruhen. Die Empfindlichkeit des Magnetsystems kann durch einen besonderen Reguliermagneten, der auf der Platte N liegt, beliebig geändert werden. Alle Metallteile des Magnetometers und der Träger sind zur Erde abgeleitet. Eine einzelne Drahtwindung K dient zur Bestimmung der Konstanten. Die Ablenkungen werden mit Fernrohr und Skala T mit einem Spiegelabstand von 3 m beobachtet.

Die Rotation der Kugeln wird durch einen 4pferdigen Elektromotor hervorgebracht, der sich in einer Entfernung von 7 m vom Magnetometer befindet. Zum besonderen Schutze gegen magnetische Störungen durch den Motor dient ein grosser Eisenblock L, der vor dem Motor steht. Der Motor treibt durch eine Riemenverbindung eine Welle FF an, deren Lager auf dem Steinboden befestigt sind. Zur Lagerung der Achse für die Kugeln dient ein starkes Holzgerüste, welches auf dem Boden steht. Die Steinträger, auf welchen das Magnetometer steht, sind vom Boden und vom Traggerüste der rotierenden Kugeln vollständig isoliert. Zum Schutze gegen Luftströmungen mussten vor den rotierenden Kugeln Holzschirme angebracht werden.

Die Elektrizitätsquelle für die Ladung der Kugeln bildete eine Batterie von 10000 Akkumulatoren, wie sie Professor Trowbridge bei seinen spektralanalytischen Untersuchungen verwendet hatte. Um die Ladung der Kugeln umzukehren, war ein Kommutator eingeschaltet.

Solange der Motor allein lief oder nur der Motor und die Welle am Boden in Bewegung waren, liess sich auch nicht die geringste Bewegung der Nadel wahrnehmen. Dagegen war das Schneiden der Kraftlinien des Erdfeldes durch die Messingachse und Kugeln genügend wirksam, um einen Ausschlag von mehreren Centimetern hervorzurufen. Es brachte dies keinen Nachteil, solange die Rotation vollständig konstant blieb. Sobald diese dagegen sich nur ein wenig änderte, hatte man grosse Mühe, und es bildete diese Störung eine der wichtigsten Fehlerquellen des Versuchs.

Lud man die ruhenden Kugeln, indem ein grosser Flüssigkeitswiderstand hinter die Batterie geschaltet wurde, so konnte man keine Ablenkung der Nadel beobachten. Ohne den Flüssigkeitswiderstand jedoch erfolgte ein, wenn auch kleiner, Ausschlag bei der Ladung der Kugeln — ohne Zweifel infolge des raschen Einströmens der Elektrizität, die zur Ladung der Kugeln die Zuführungsdrähte zu durchfliessen hatte.

Waren die Kugeln in Bewegung, und man kehrte das Zeichen der elektrischen Ladung um, so zeigte sich ein sehr deutlicher Ausschlag der Nadel. Es war zwar nicht immer leicht, diese Ablenkung genügend gut zu bestimmen, da die Rotationsgeschwindigkeit und damit auch der Nullpunkt sich leicht ein wenig änderten, aber die qualitative Wirkung war durchaus eindeutig. Der Ausschlag erfolgte in der zu erwartenden Richtung, d. h. bei positiver Ladung der Kugeln entstand ein magnetisches Feld, wie es auch ein Strom, der in Richtung der Bewegung fliesst, hervorbringen würde.

Alle Beobachtungen mussten zwischen 1 und 5 Uhr morgens gemacht werden, da es infolge der Störungen durch die elektrische Trambahn unmöglich war, unter Tags befriedigende Beobachtungen zu machen. Jede Beobachtungsreihe wurde so vorgenommen, dass erst der Motor in Bewegung gesetzt und die für 2500 Umdrehungen nötige Zeit bestimmt wurde; dann wurden die Kugeln geladen und zwei Ausschläge der Nadel auf einer Seite und einer auf der entgegengesetzten Seite beobachtet. In gleicher Weise wurde abgelesen, nachdem das Zeichen der Ladung umgekehrt worden war, und zwar wurden jeweil zehn Umkehrungen vorgenommen, und zum Schlusse abermals die Rotationsgeschwindigkeit bestimmt; ebenso wurde der Reduktionsfaktor des magnetischen Systems vor und nach jedem Beobachtungssatze bestimmt.

Die magnetische Feldstärke, die sich am Orte des Magnetsystems ergiebt, kann entweder berechnet werden, indem man die rotierenden geladenen Kugeln einem Gleichstrom äquivalent setzt, dessen Intensität der pro Sekunde jeden Querschnitt passierenden Elektrizitätsmenge gleich ist, oder indem man die Feldstärke berechnet, welche alle Kugeln auf den nacheinander passierten Wegen hervorbringen, indem man eine Feldstärkenkurve aufträgt und den Mittelwert aus dieser Kurve bestimmt. Die letztere Methode ist im vorliegenden Fall einfacher, da die Magnetnadeln in der Nähe und direkt oberhalb des einen Satzes von Kugeln sich befanden.

Die Feldstärke, welche eine mit der Ge-

schwindigkeit v sich bewegende Elektrizitätsmenge q hervorruft[1]), berechnet sich zu

$$H = \frac{q \cdot v \cdot sin\, \varepsilon}{\varrho^2},$$

wobei ϱ den Radiusvektor bedeutet, welcher von der Ladung nach dem Punkte gezogen wird, an welchem H gemessen wird und ε den Winkel zwischen ϱ und der Richtung der Bewegung darstellt. Diese Beziehung gilt nur, solange die Geschwindigkeit v klein ist im Vergleiche mit der Lichtgeschwindigkeit und kann auch als Ausdruck der magnetischen Kraft gelten, welchen eine bewegte geladene Kugel hervorbringt, wenn man deren Ladung sich in ihrem Mittelpunkte vereinigt denkt. Die Richtung der Kraft steht senkrecht zu ϱ und zur Richtung der Bewegung.

Die Feldstärke an der Stelle der oberen oder unteren Magnetnadel wird in folgender Weise gefunden: die Mittelpunkte der beiden Gruppen von Kugeln bewegen sich auf zwei paralellen Kreisen, die den Abstand b voneinander haben. Die Rotationsebene stehe senkrecht zur Papierebene (Fig. 3).

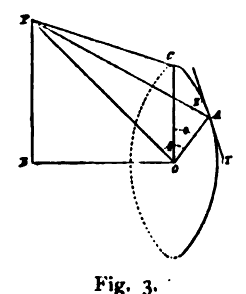


Fig. 3.

Die Nadeln liegen in einer der Rotationsebenen. Gesucht ist die Feldstärke in P, die der Kugel in A entspricht. Es sei

$\varrho = PA.$
$b = OB.$
$d = PB.$
$c = OC = OA =$ Rotationsradius.
$\varepsilon =$ Winkel zwischen ϱ und Tangente in A.
$\Theta =$ Winkel zwischen dem Vertikalradius und dem Radius nach A.

So ist $\varrho^2 = d^2 + b^2 + c^2 - 2c\sqrt{d^2 + b^2}\, cos\, \varphi$

$$cos\, \varphi = cos\, \Theta \frac{d}{\sqrt{d^2 + b^2}}$$

$$\varrho^2 = d^2 + b^2 + c^2 - 2\, dc\, cos\, \varphi$$

$$cos\, \varepsilon = \frac{d \cdot sin\, \Theta}{\varrho}$$

$$sin\, \varepsilon = \sqrt{\frac{(d\, cos\, \Theta - c)^2 + b^2}{d^2 + b^2 + c^2 - 2\, dc\, cos\, \Theta}}$$

Die Kraft wirkt in einer Richtung, die senkrecht zu ϱ und der Tangente in A steht. Die Komponente dieser Kraft in Richtung der Normalen zur Rotationsebene ist zu berechnen. Wenn ψ den Winkel zwischen der Richtung der Kraft und der Normalen zur Rotationsebene bedeutet, so gilt

$$cos\, \psi = \frac{d\, cos\, \Theta - c}{\sqrt{(d\, cos\, \Theta - c)^2 + b^2}}$$

$$v = 2\, \pi\, c\, N,$$

wo N die Anzahl von Umdrehungen pro Sekunde bedeutet. Es ist daher

$$H = \frac{2\, \pi\, N \,.\, c \,.\, q\, (d\, cos\, \Theta - c)}{V[d^2 + b^2 + c^2 - 2\, dc\, cos\, \Theta]^{3/2}}$$

X ist dabei diejenige Komponente der Feldstärke in P in Richtung der Achse, welche der Stellung der Kugel in A entspricht. V ist das Verhältnis der Einheiten. Die Kapazität der Kugeln und ihre Potentiale sind in elektrostatischen Einheiten gemessen.

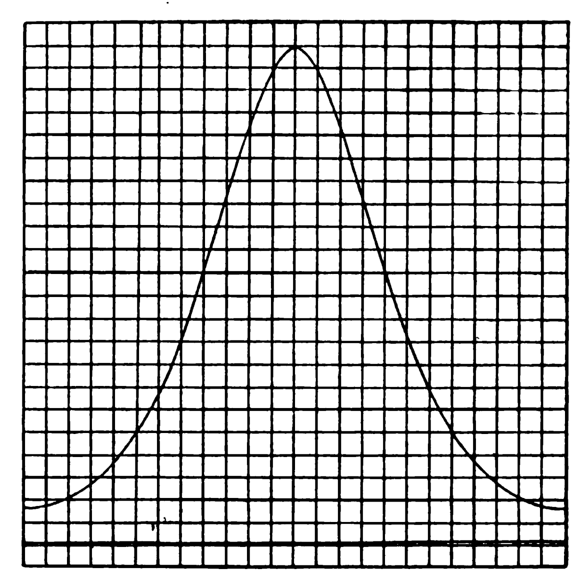


Fig. 4.

Fig. 4 stellt diesen Ausdruck dar und zeigt, wie sich die Kraft mit der Lage der Kugeln ändert. Die obere Kurve giebt die resultierende Feldstärke an der Stelle der unteren Nadel, wie sie dort durch die beiden Kugelreihen hervorgebracht wird und die untere Kurve, die nahezu eine gerade Linie darstellt, giebt die Feldstärke an der Stelle der oberen Nadel. Als Mittelwert der Feldstärke an der Stelle der unteren Nadel ergiebt sich durch Zeitintegration

$$\frac{2\, \pi\, N \cdot q}{V} \,.\, A$$

und als Mittelwert der Kraft an der Stelle der oberen Nadel

$$\frac{2\, \pi\, N \cdot q}{V} \,.\, B$$



1) J. J. Thomson, Phil. Mag. 11, 236, 1881; Heaviside, Electrical Papers 2, 505.

also ist die Wirkung auf die Nadel dieselbe, als ob konstante Kräfte von dieser Grösse auf sie wirkten.

Die Feldstärke an Stelle der unteren Nadel, wie sie durch die Aichspule hervorgebracht wird, ist

$$\frac{2\pi \mathfrak{J} . h^2}{(h^2 + x^2)^{3/2}} = 2\pi \mathfrak{J} \cdot C,$$

wo h den Radius der Windung und x ihren Abstand von der Nadelebene bedeutet. Die Feldstärke, welche die Aichspule an der Stelle der oberen Nadel hervorbringt, beträgt

$$2\pi \cdot \mathfrak{J}\left[\frac{1}{r}\left(\frac{h}{r}\right)^2 P_2(\cos\Theta) - \frac{1}{r} \cdot \frac{3}{2}\left(\frac{h}{r}\right)^4 P_4 (\cos\Theta) + \cdots\right] = 2\pi \mathfrak{J} \cdot D,$$

wo r den Abstand des Windungsmittelpunktes von der oberen Nadel und Θ den Winkel zwischen der Spulenachse und r bedeutet.

M sei das Moment der oberen Nadel und H die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus in ihrem Mittelpunkte; M' und H' die entsprechenden Werte für die obere Nadel. Θ sei die Winkelablenkung des Magnetsystems infolge des Stromes in der Aichspule, und φ die Winkelablenkung, welche infolge der Bewegung der geladenen Kugeln sich ergiebt. Setzt man das Drehmoment, welches infolge des Erdfeldes auf das Magnetsystem ausgeübt wird, gleich dem Drehmoment, welches der Strom in der Aichspule auf das Magnetsystem ausübt, und setzt man $M/M' = 1$, so ergiebt sich:

$$\frac{HM - H'M'}{M} = \frac{2\pi \mathfrak{J}(C-D)}{\operatorname{tang}\Theta}.$$

In ähnlicher Weise erhält man

$$\frac{HM - H'M'}{M} = \frac{2\pi N . q (A-B)}{V \operatorname{tang}\varphi},$$

wenn das Drehmoment, welches auf das Magnetsystem infolge des Erdfeldes ausgeübt wird, gleich dem Drehmoment infolge der rotierenden geladenen Kugeln gesetzt wird. Somit

$$V = \frac{A-B}{C-D} \cdot \frac{N . q}{\mathfrak{J}} \cdot \frac{\operatorname{tang}\Theta}{\operatorname{tang}\varphi}.$$

Sei nun δ die Skalenablenkung, die sich bei Umkehr des Stromes $\mathfrak{J}$ in der Aichspule ergiebt und Δ die Skalenablenkung, die sich bei Umkehrung der Ladung der Kugeln ergiebt, so ist

$$V = \frac{A-B}{C-D} \cdot \frac{N . q}{\mathfrak{J}} \cdot \frac{\delta}{\Delta}.$$

Die Ladung der Kugeln ist für die quantitative Bestimmung eine sehr unsichere Grösse, und speziell aus diesem Grunde ist die Methode der rotierenden Kugeln für quantitative Arbeiten viel weniger geeignet, als die Methode der rotierenden Scheiben, namentlich, wenn man sie wie Rowland in seinem zweiten Versuch anwendet. Wäre nur eine Reihe von Kugeln, die alle zum selben Potential geladen sind, verwendet worden, so wäre eine gleich grosse, entgegengesetzt gerichtete Ladung auf den benachbarten Konduktoren induziert worden und diese induzierte Ladung hätte sich mit den Ladungen auf den Kugeln bewegt. In diesem Falle wäre es schwer gewesen, die resultierende Wirkung zu bestimmen. Aus diesem Grunde wurden zwei getrennte Kugelreihen benützt, die entgegengesetzte Ladung trugen und immer in der gleichen relativen Lage zu einander blieben. Die Kapazität der Kugeln wurde unter der Voraussetzung berechnet, dass ausser ihnen keine Leiter zugegen wären. Die Ladung auf jeder Kugel wurde mittels der Methode der elektrischen Bilder berechnet, indem die Ladungen auf allen übrigen Kugeln als in ihren Mittelpunkten konzentriert angenommen wurde. Es ergiebt sich dann nach Maxwell (volume 1, section 159):

$\pm q$ = Ladung einer jeden Kugel
$\pm P$ = Potential derselben
a = Radius derselben
f_1, f_2, etc. = Abstände der Kugelmittelpunkte voneinander.

Dann ist die Ladung auf jeder Kugel gegeben durch.

$$q = P \cdot a - q \cdot a\left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_3} + \cdots\right) + q \cdot a \left(\frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_4} + \cdots\right),$$

wo sich die ungeraden Indices auf die Kugeln einer Gruppe und die geraden Indices auf die Kugeln der anderen Gruppe beziehen.

Das Potential der Akkumulatoren wurde sowohl mittels Schutzring-Elektrometers als mittels maximaler Funkenschlagweite zwischen zwei metallischen Kugeln ermittelt. Als Mittelwert ergab sich in elektrostatischen Einheiten

$$P = 63.$$

Der grosse Vorteil, den eine Akkumulatorenbatterie als Elektrizitätsquelle bietet, besteht darin, dass eine Messung zur Bestimmung des Potentials ausreicht. Die Batterie wurde jedesmal vor ihrer Verwendung frisch geladen und ihre Spannung änderte sich zwischen den einzelnen Versuchen nur ausserordentlich wenig.

Die Kugeln hatten einen mittleren Radius von 1,35 cm; der Umdrehungsradius betrug 20,38 cm; der Abstand der unteren Nadel vom Achsenmittel betrug 22,91 cm und der der oberen Nadel 29,28 cm.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate einiger Beobachtungsreihen:

No.	N.		J.	δ.	V.
1	42	6,7	0,00364	26	$2,6 \times 10^{10}$
2	55	10,6	0,00355	31	2,6
3	55	9,0	0,00355	31	3,1
4	49	11,3	0,00298	29	2,9
5	41	5,5	0,00280	15	2,7
6	48	7,0	0,00280	15	2,6
				Mittel	$2,8 \times 10^{10}$.

Diese Zahlen geben das Resultat der Versuche ziemlich gut wieder. Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment ist sicher so gross, als mit Rücksicht auf die Fehlerquellen des Versuches erwartet werden kann.

Nur schwer bestimmbar sind: 1. Die thatsächlich von den Kugeln getragenen Ladungen und der Einfluss der Körper in der Umgebung, speziell der stanniolbedeckten Glasplatte, welche die Magnetometerröhre unten abschliesst, wenn auch dieser Stanniolbelag in Streifen von ungefähr 1 mm Breite zerschnitten ist und daher nur geringe Wirkung ausüben kann. 2. Die ungleichmässige Verteilung der Elektrizität auf den Kugeln, so dass die Ladungen, genau genommen, nicht im Mittelpunkte vereinigt angenommen werden können. 3. Fehler in der Bestimmung der Nadelablenkungen, die von äusseren Störungen herrühren.

Es wurden auch Versuche ausgeführt, bei denen die Richtung der Bewegung der Kugeln umgekehrt wurde. Die erhaltenen Resultate entsprachen in jeder Hinsicht den oben angeführten, nur dass das Vorzeichen umgekehrt war. Versuche, bei denen nur ein Teil der 10000 Zellen der Akkumulatorenbatterie verwendet war, lieferten Resultate, die mit dem vorausgegangenen ziemlich gut übereinstimmen; jedoch waren die Ablenkungen zu klein, als dass man eine sehr genaue Übereinstimmung hätte erwarten können.

Jefferson Physical Laboratory, Harvard University, Cambridge Mass.

(Aus dem Englischen übersetzt von K. T. Fischer-München.)

(Eingegangen 2. Oktober 1901.)

Notiz über polare Unterschiede bei Spitzenentladungen und die Verhältnisse der Ionengeschwindigkeiten.

Von K. v. Wesendonk.

Ganz kurz sei hiermit hingewiesen auf die Verhältnisse der Ionengeschwindigkeiten für negatives und positives Vorzeichen $\left(\frac{V-}{V+}\right.$, wenn $V-$ und $V+$ die Geschwindigkeiten der negativen resp. positiven Ionen bezeichnen), welche in neuerer Zeit für den Sauerstoff und einige andere Gase gefunden worden sind. Für dieses Gas in trockenem Zustande findet genanntes Verhältnis, nämlich

Zéleny[1]) = 1,32
Townsend[2]) = 1,58
Chattock, Walker und Dixon[3]) = 1,42,

während in Luft entsprechend die Werte lauten

1,375
1,54
1,36

und in Wasserstoff:

1,19
1,54
1,38.

Nun ist bekannt[4]), dass Sauerstoff die Entladung der negativen Elektrizität im Vergleich zur positiven bei Spitzenausströmung keineswegs so begünstigt, wie einige andere Gase, und man könnte daher erwarten, dass dieser Umstand auch in den oben erwähnten Verhältnissen $\frac{V-}{V+}$ zur Geltung gelange. Das ist aber, wie man sieht, selbst bei den von Chattock, Walker und Dixon für Spitzenentladungen bestimmten Werten keineswegs der Fall. Bei den erwähnten Versuchen von Townsend und Zéleny handelt es sich um Gase, die durch Röntgenstrahlen aktiviert worden sind, wobei meines Wissens keine erhebliche Ozonbildung eintritt, wie bei der Spitzenentladung in Sauerstoff. Hiermit bringt nun aber Herr Warburg[5]) in seiner bedeutungsvollen Arbeit über negative und positive Spitzenentladung in reinen Gasen die relativ geringe Leitfähigkeit des O für negative Elektrizität in Verbindung. Man sollte demnach erwarten, dass bei den Versuchen von Chattock u. s. w. dieser Einfluss der Ozonbildung zur Geltung käme, auch wenn ein solcher sich beim röntgenisierten Gase nicht zeigte. Townsend giebt in der That an, für trockene Luft diffundierten die Ionen der Spitzenentladung[6]) langsamer, als die durch Röntgen- oder Radiumstrahlen wie durch ultraviolette Strahlen hervorgerufenen, welch letztere Methoden fast identische Werte ergeben.

1) Diese Zeitschr. **2**, 604, 1901.
2) Ebd. **1**, 313—316, 1900.
3) Chattock u. s. w. Phil. Mag. (6) **1**, 79—98, 1901.
4) Schon Faraday fand die polaren Verschiedenheiten der Lichterscheinungen in O wenig ausgeprägt. Herr Warburg (Wied. Ann. **40**, 16, 1890) wies auf den Einfluss kleiner Beimengungen von O auf das Kathodengefälle hin. Verf. bemerkte zu jener Zeit, dass Sauerstoff, dem Stickstoffe beigemengt, der negativen Spitzenausströmung hinderlich ist. Wie gross die Wirkung kleiner Mengen O, zeigte dann Herr Warburg 1899 und Ann. der Phys. **2**, 309 ff. 1900.
5) Warburg, Ann. der Phys. **2**, 313, 1900.
6) Andererseits stimmen aber die von Chattock aus Spitzenentladungen gefundenen Ionengeschwindigkeiten gut mit den von anderen Beobachtern in röntgenisierten Gasen gefundenen überein.

Einen Einfluss konnte allerdings die Spannung haben, die bei Chattock u. s. w. nicht angegeben, auch sind seine Versuchsanordnungen ja nicht identisch mit denen anderer Forscher. Doch ergaben sich bei verschiedenen Stromstärken von 3,2, 1,6 und 0,8 Mikroampère in O_2 die nahe übereinstimmenden Werte für $\frac{V-}{V+}$ von 1,43, 1,40, 1,42, also unter erheblich verschiedenen Entladungsumständen. Nach Herrn Warburg ist die Leitfähigkeit für negative Elektrizität beim Spitzenpotential $V=5180$ Volt grösser, bei $V=6790$ Volt erheblich kleiner, bei $V=8450$ Volt nahe gleich derjenigen für das andere Vorzeichen. Herr Sieveking[1]) findet im Sauerstoff zwar stärkere Ausstrahlung der negativen Ladung, aber doch weniger als in anderen Gasen, er spricht von einer deutlichen Bevorzugung von + Elektrizität in O_2. Eine solche von — Elektrizität ist nach ihm in Kohlensäure vorhanden, was aber nach den Werten von $\frac{V-}{V+}$ für dieses Gas nicht zu erwerten gewesen wäre[2]).

Diese lauten nämlich:

Zéleny	1,07
Townsend	1,13
Chattock u. s. w.	1,11

Dass bei den betreffenden Messungen übrigens noch gewisse Unbestimmtheiten obwalten, zeigt deutlich der Umstand, dass Herr Sieveking die negative Leitung in Stickstoff kleiner findet als in Luft, während doch Verfasser[3]) seinerzeit mit Bestimmtheit beobachtete, wie in Stickstoff bei ziemlich gleicher Durchlässigkeit für positive Ladungen die negative Elektrizität nicht unbedeutend begünstigt erscheine im Vergleich zu Luft, und daher zu dem Schlusse kam, die Gegenwart von Sauerstoff in der Luft vermehre den Widerstand gegen negative Entladungen nicht unerheblich. Nach Herrn Warburgs[4]) Untersuchungen ist in ganz sauerstofffreiem N der negative Strom gar hunderte Male so stark als der positive, ein allerdings recht auffallendes Resultat. Bei dem Wasserstoff ferner ist wohl kaum ein Zweifel vorhanden über die sehr erhebliche Begünstigung der negativen Strömung im Vergleich zu Sauerstoff, und doch sind die Werte von $\frac{V-}{V+}$ darin sogar kleiner als in O.

1) Sieveking, Ann. der Phys. **1**, 310, 1900. Verfasser möchte hierzu (S. 311 Anm.) anführen, dass der dort genannte Satz b doch auch schon aus seinen Beobachtungen folgt, und gilt, solange die Entfernung Spitze — Platte nicht zu gross. Ausnahme scheint bei starken positiven Büscheln eintreten zu können.

2) Die Lichterscheinungen sind übrigens nach Faraday in CO_2 polar nur wenig verschieden.

3) Wesendonk, Wied. Ann. **39**, 601 u. 605—606. 1890. Naturw. Rundsch. **4**, 441—43, 1889.

4) Warburg, Ann. der Phys. **2**, 310, 1900.

Liegen also gegen die Bestimmungen der Ionengeschwindigkeiten nicht erhebliche Bedenken vor, so müssen neben diesen bei der Durchlässigkeit der Gase für Spitzenausströmung noch andere Momente von massgebender Bedeutung sein. Chattock weist nun auf den Einfluss des Zustandes der Oberfläche der Spitze hin, von dem besonders die negative Entladung abhängig sei[1]), die denn auch bedeutend schwankendere Werte liefere.

Zur Annahme einer solchen Oberflächenwirkung resp. eines erheblichen Einflusses kleiner oberflächlicher Änderungen, wie durch Verstäubung, Auflockerung, Okklusionen, chemischen Angriffes durch selbst sehr kleine Mengen einer dem umgebenden Medium beigemengten Substanz u. dgl. m., führen manche Thatsachen, auch Verfasser hatte mehrfach Gelegenheit, darauf hinzuweisen.

(Eingegangen 22. Oktober 1901.)

1) Sonst nahm man wohl eher das Gegenteil an (vgl. Wiedemann, Elektrizität **4**, 726, 1885), doch ist zu beachten, dass man bei positiver leuchtender Entladung zwischen den den Funken näherstehenden eigentlichen Büscheln und dem (damit stets verbundenen) positiven Glimmen zu unterscheiden hat. Auf letzteres bezöge sich denn wohl nur Chattocks Bemerkung.

Elektrolytische Vorschaltzelle für den Betrieb von Induktorien bei Wechselstrom.

Von E. Knoblauch.

Schon immer hat es Schwierigkeiten gemacht, Röntgenapparate mit Wechselstrom zu benutzen, da der Wechselstrom immer nur in einer Richtung durch die primäre Spule des Induktoriums gelangen darf, um die sehr störenden Lichtschwankungen in der Röntgenröhre zu vermeiden.

Ich habe unter freundlicher Mitwirkung des Herrn Ingenieur Berger hierüber viele Versuche angestellt und zwar in dem physikalischen Versuchslaboratorium der Firma Reiniger, Gebbert und Schall in Erlangen. Ein von Herrn Ruhmer in Berlin überlassener Unterbrecher, wie er in dieser Zeitschrift[1]) beschrieben ist, liess sich trotz vieler Mühe leider bei Wechselstrom von 50 Perioden und 110 Volt Betriebsspannung nicht in Thätigkeit setzen, weil die Spannung wahrscheinlich zu gering war. Da es aber wichtig ist, gerade bei 110 Volt den Wechselstrom für Röntgenzwecke benutzen zu können, kam ich, angeregt durch den Ruhmerunterbrecher, darauf, eine Gleichrichtzelle vor den Unterbrecher zu schalten, die aus je einer Blei- und Aluminiumelektrode

1) Vgl. diese Zeitschrift **2**, 742, 1901.

besteht, welche in einer 20 prozent. Seignettelösung stehen. Bei dieser Versuchsanordnung liessen sich Simon-, Wehnelt-, ja sogar Quecksilberstrahlunterbrecher anwenden. Die Unterbrecher arbeiteten bei einer eingeschalteten Röntgenröhre tadellos, bei letzterer markierte sich eine scharfe Trennung beider Hälften, als Beweis, dass die elektrolytische Vorschaltzelle nur eine Stromphase des Wechselstromes zum Unterbrecher gelangen lässt.

Die elektrolytischen Unterbrecher brauchen bekanntlich zum Betrieb ziemlich hohe Stromstärken, wodurch die Röntgenröhren stärker beansprucht werden, als oft notwendig ist; deswegen haben sich vielfach die Quecksilberstrahlunterbrecher eingeführt. Da diese nun mit Hilfe der vorgeschalteten Gleichrichtzelle auch bei Wechselstrom benutzt werden können, scheint mir für viele Fälle die oben angegebene Methode von Vorteil zu sein.

Erlangen, 20. Oktober 1901.

(Eingegangen 21. Oktober 1901.)

Über die Formen der von dem Michelsonschen Interferometer gelieferten Kurven.

Von John C. Shedd.

Die Theorie der Interferenzerscheinungen, welche das Michelsonsche Interferometer liefert, ist eingehend von Professor A. A. Michelson (Phil. Mag. [5], **13**, 236—242, 1882) diskutiert worden. In der vorliegenden Abhandlung soll das Problem von einem anderen Gesichtspunkte aus behandelt werden.

Fig. 1 zeigt die gebräuchliche Form des Apparates.

M, M_1 — stark versilberte Spiegel.

A Platte mit parallelen Seiten, welche zur Hälfte auf der M gegenüberliegenden Seite versilbert sind.

C — Platte von derselben Dicke wie A und parallel A. Diese Platte heisst der Kompensator.

M_2 befindet sich auf einem beweglichen Klotze, welcher durch die Schraube S verstellt werden kann.

Die Interferenzerscheinungen werden mittels des Auges oder des Teleskopes bei T betrachtet.

Man kann sich offenbar vorstellen, dass der Spiegel M_2 sich hinter M_1 dort befindet, wo die punktierten Linien M_2 gezeichnet sind. Nimmt man dies an, so braucht man nur, wie Professor Michelson nachgewiesen hat, M_1 und M_2 zu berücksichtigen.

Man kann dann die ganze Erscheinung behandeln, als ob sich eine Lichtquelle S' in der Ebene von M_1 und seines Bildes S' in M_2

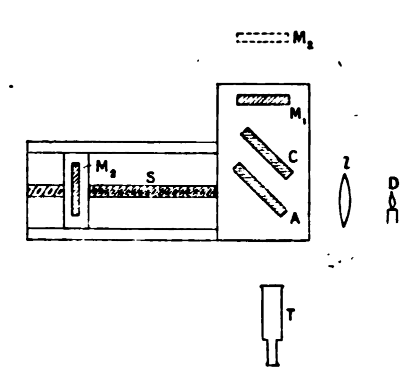


Fig. 1.

(Fig. 2) befindet. In Fig. 2 ist Winkel $ApB = \theta$ und Winkel $BPC = i$.

Im folgenden sollen die folgenden Bezeichnungen benutzt werden:

t_0 — senkrechte Entfernung zwischen M_1 und M_2. Am Apparate wird dieselbe mit Hilfe der Schraube S (Fig. 1) bestimmt.

φ — Winkel zwischen M_1 und M_2. Derselbe wird mit Hilfe von Schrauben, die sich auf der Rückseite von M_1 befinden, ermittelt (physikalisch ist der Winkel φ der Winkel, um den die Ebenen von M_1 und M_2 von 90^0 abweichen).

P — senkrechte Entfernung von M_1 bis zur Ebene, welche die Interferenzerscheinung enthält. Diese wird Brennebene genannt.

i, θ Winkel, zwischen der Lichtquelle bei P und der Brennebene. θ ist in der Ebene senkrecht zur Ebene von φ; i liegt in der zu φ parallelen Ebene. Diese Winkel können auch als die Einfallswinkel der interferierenden Strahlen auf die Brennebene definiert werden, wobei θ in der zu φ senkrechten Ebene liegt. Die Brennebene ist senkrecht sowohl zur Ebene von θ, als auch von i.

Δ Differenz der Weglängen, welche durch die zwei Strahlen, die bei P Interferenz hervorrufen, zurückgelegt werden.

Professor Michelson hat nachgewiesen, dass der Wert von Δ durch die Gleichung

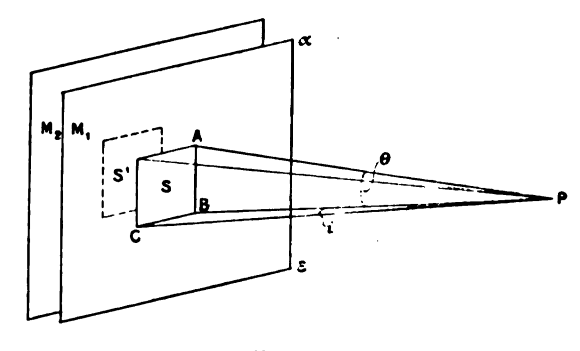


Fig. 2.

$$1)\qquad \Delta = 2\,\frac{t_0 + P\,tg\,i\,tg\,\varphi}{\sqrt{1 + tg^2 i + tg^2 \Theta}}$$

gegeben ist.

Im allgemeinen kann Δ alle möglichen Werte annehmen; aber der Wert, welcher die deutlichsten Fransen liefert, ist durch die Bedingungen gegeben:

$$2)\qquad \frac{\delta \Delta}{\delta \Theta} = 0 \text{ und } \frac{\delta \Delta}{\delta i} = 0.$$

Dies liefert für den Wert von P

$$3)\qquad P = \frac{t_0}{tg\,\varphi}\,tg\,i.$$

Da die Brennebene senkrecht zur Richtung P ist, wird jeder Punkt (x, y) auf ihr durch die Gleichungen bestimmt

$$4)\qquad \begin{cases} x = P\,tg\,i \\ y = P\,tg\,\Theta. \end{cases}$$

Die Form der durch die Interferenz hervorgerufenen Kurve wird durch Substitution der Gleichungen (4) in Gleichung (1) erhalten. Dies liefert:

$$5)\qquad \Delta^2 y^2 = (4 P^2 tg^2 \varphi - \Delta^2) x^2 + 8\,t_0\,P^2 \varphi \cdot x + P^2 (4 t_0^2 - \Delta^2).$$

Die weitere Behandlung dieses Gegenstandes läuft auf die Analyse von Gleichung (5) heraus.

Gleichung (5) ist die eines Kegelschnittes; die verschiedenen Formen desselben können leicht durch Betrachtung der Excentrizitätsgleichung ermittelt werden.

Der allgemeine Ausdruck für die Excentrizität ist in diesem Falle

$$6)\qquad e = \sqrt{1 + t/B},$$

wo t der Koeffizient von x^2 und B von y^2 ist.

Im vorliegenden Falle geht sie in den einfachen Ausdruck über

$$7)\qquad e = \frac{2\,P\,tg\,\varphi}{\Delta}.$$

Substituiert man den Wert von P in Gleichung (3), so erhält man

$$8)\qquad e = \frac{2\,t_0\,tg\,i}{\Delta}.$$

Durch Einführung des Wertes von Δ in Gleichung (1) geht diese über in

$$9)\qquad e = \sin i \cos i \sqrt{1 + tg^2 i + tg^2 \Theta}$$

oder

$$10)\qquad e = \sin i \sqrt{1 + tg^2 \Theta \cos^2 i}.$$

Die Gleichungen (7) bis (10) liefern uns die verschiedenen Fälle, welche auftreten können.

Da Gleichung (5) die Gleichung eines Kegelschnittes ist, so können diese Fälle in folgende Abteilungen eingeteilt werden:

I. die gerade Linie,
II. die Hyperbel,
III. die Parabel,
IV. die Ellipse,
V. der Kreis.

I. Die gerade Linie. Hier ist

$$e = \infty. \qquad 11)$$

Dieser Fall tritt ein, wenn $\Delta = 0$ (Gleichung 7 oder 8) oder $\Theta = 90^0$ (Gleichung 10).

Ist zu gleicher Zeit $t_0 = 0$, dann werden die Gleichungen (7) und (8) unbestimmt. Dies bedeutet, dass M_1 und M_2 (Fig. 2) zusammenfallen, und daher kann keine Interferenz auftreten.

Ist $\Delta = 0$, dann wird Gleichung (5)

$$(tg\,\varphi\,x + t_0)^2 = 0, \qquad 12)$$

die Gleichung zweier, zusammenfallender gerader Linien. Der Wert von Δ wird jedoch nur Null für die mittlere Bande, während die beiden Banden zu beiden Seiten verschiedene Krümmung besitzen. Beim Experimentieren lässt sich der Apparat leicht so einstellen, dass das Feld ganz mit Banden bedeckt ist, welche beinahe gerade Linien sind.

II. Die Hyperbel. $e > i$ und $< \infty$. Aus den Gleichungen (1) und (7) folgt, dass die Banden zu beiden Seiten der mittleren, Hyperbeln sind; denn da P klein ist (P verschwindet für die mittlere Bande), so nehmen die Werte von Θ und i rasch zu. Ferner da der Wert von t_0 auch sehr klein ist, so ist der Wert von Δ in Gleichung (1) klein und daher wird der Wert von e aus Gleichung (11) gross, aber nicht unendlich sein.

Der Wert von e hängt von Franse zu Franse sehr von dem Werte von φ ab. Ist der Wert von φ sehr klein, so nimmt der Wert von e schnell ab und ist dann die Änderung der Krümmung leicht mit dem Auge wahrnehmbar. Für grössere Werte von φ ist die Änderung von e nicht mehr so leicht zu beobachten.

Nimmt der Wert von t_0 zu (durch Drehen der Schraube S), so nimmt der Wert von Δ schneller zu, als der Wert von t_0 und der Wert von e nimmt ab. Hieraus folgt, dass, wenn M_2 sich entfernt, die Fransen immer mehr und mehr gekrümmt werden.

Die Gleichung der Hyperbel ist

$$\frac{x^2}{t^2} - \frac{y^2}{B^2} = 1 \qquad 13)$$

und

$$t^2 = \frac{\Delta^2 P^2 (\Delta^2 - 4 t_0^2)}{\Delta^2 - 4 P^2 tg\,\varphi}$$

und

$$B^2 = P^2 (\Delta^2 - 4 t_0^2).$$

Die gleichseitige Hyperbel:

$$e = \sqrt{2}.$$

Für diesen Wert von e wird Gleichung (10)

$$tg\,\Theta = \sqrt{\frac{2}{\sin^2 i} + \sin^2 i - 1}. \qquad 14)$$

Die folgende Tabelle zeigt die Beziehung zwischen i, Θ und P.

Tabelle I.

$\sin i$	i	$\tan\Theta$	Θ	P
0	0^0	∞	90^0	$\frac{t_0}{\tan\varphi} \times 0 = 0$
0,5	30^0	2,7	70^0 —	$\frac{t_0}{\tan\varphi} \times 0,58$
0,707	45^0	1,87	62^0 —	$\frac{t_0}{\tan\varphi} \times 1$
0,877	60^0	1,58	58^0 —	$\frac{t_0}{\tan\varphi} \times 1,73$
1	90^0	1,4	$54^0 40'$	$\frac{t_0}{\tan\varphi} x = \infty$

Werden i und Θ miteinander vertauscht, so wird das konjugierte System von Hyperbeln erhalten. Der Grenzwert von Θ ist $54^0\ 40'$. Offenbar kann Θ diesen Wert nur haben, wenn die Brennebene ganz nahe an M_1 liegt. Hieraus folgt, dass die gleichseitige Hyperbel nur mit kleinen Werten von t_0 beobachtet wird. Mit grossen Werten von φ wird man dasselbe Resultat erhalten, da dieselben kleine Werte für P liefern. Allgemein muss bei der Hyperbel

$$\varDelta < 2\, P\, tg\, \varphi$$

oder

$$\varDelta < 2\, t_0\, tg\, 1$$

oder

$$\sin\Theta > \frac{1}{\sqrt{1 + \sin^2 i}},$$

was $\Theta = 45^0$ und $i = 90^0$ giebt.

III. Die Parabel. Die Parabel ist der Grenzwert für die Hyperbel und $e = 1$. Die notwendigen Bedingungen für die Parabel sind:

$\varDelta = 2\, P\, tg\, \varphi$, aus Gleichung (7)
oder $\varDelta = 2\, t_0\, tg\, i$, „ „ (8)
oder $\Theta = \frac{1}{\sin i}$ „ „ (10)

Die Grenzwerte für i und Θ sind:

$$i = \pm 90^0, \qquad \Theta = \pm 45,$$

die Gleichung für die Hyperbel ist:

$$y^2 = \frac{4\, P\, t_0}{\varDelta} X, \tag{15}$$

wo

$$X = x - P\frac{4\, t_0^2 - \varDelta^2}{4\, t_0\, \varDelta}.$$

IV. Die Ellipse $e < i$. In diesem Falle ist:

$\varDelta > 2\, P\, tg\, \varphi$, aus Gleichung (7)
oder $\varDelta > 2\, t_0\, tg\, i$, „ „ (8)
oder $tg\,\Theta < \frac{1}{\sin i}$, „ „ (10)

Diese Bedingung wird durch eine Zunahme von t_0 mittels der Schraube S erreicht. Durch Verändern des Wertes von φ kann man dasselbe Resultat erhalten, vorausgesetzt, dass der Wert von t_0 nicht zu klein ist. Für solche Werte von t_0, bei denen $\varDelta$ nicht merklich von $2\, P$ abweicht, wird der Wert von e durch den Wert von φ bestimmt, und Gleichung (7) kann geschrieben werden:

$$e = tg\, \varphi \tag{16}$$

und Gleichung (8)

$$e = tg\, i, \tag{17}$$

da P und t_0 einander gleich sind.

Offenbar wird die vorstehende Bedingung nur für grosse Werte von t_0 realisiert.

Leicht gelingt es, t_0 und φ so zu adjustieren, dass das Gesichtsfeld mit elliptischen Fransen bedeckt ist. Die Elliptizität nimmt zu, wenn das Auge sich von der Mitte nach seitwärts bewegt.

Die Gleichung der Ellipse ist

$$\frac{x^2}{t^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1, \tag{18}$$

wo

$$t^2 = \frac{\varDelta^2 P^2 (4\, t_0^2 - \varDelta^2)}{\varDelta^2 - 4\, P^2\, tg^2\, \varphi} \tag{19}$$

$$B^2 = P^2 (4\, t_0^2 - \varDelta^2).$$

V. Der Kreis.

$$e = 0.$$

Hier muss eine der folgenden Bedingungen erfüllt sein:

(1) $\varphi = 0$
oder (2) $P = 0$, vorausgesetzt dass $\varDelta$ nicht Null ist
oder (3) $t_0 = 0$, „ „ $\varDelta$ „ „ „
oder (4) $i = 0$, „ „ Θ „ 90^0 „

Bedingung (1), wo $\varphi = 0$ ist, während alle übrigen Grössen bestimmte endliche Werte besitzen, ausser P, welches nach Gleichung (3) ∞ ist, lässt sich am leichtesten erfüllen.

Ist $P = \infty$, so nehmen offenbar i und Θ denselben Grenzwert, nämlich o, an, und unterscheiden sich voneinander wie keine endliche Grösse.

Aus der Gleichung

$$e = tg\, i$$

folgt, dass in Fall IV $e = 0$ für die mittlere Franse ist, da hier $i = 0$. Offenbar wird auch, da t_0 zunimmt, der grösste Wert von i für das vom Instrument beherrschte Gesichtsfeld kleiner. Daher scheinen die Fransen bei zunehmender t_0 immer mehr und mehr kreisförmig zu werden. Für Werte von t_0, welche grösser als 10 mm sind, erscheinen die Fransen kreisförmig, selbst wenn φ nicht Null ist.

Es ist leicht zu entscheiden, wann φ nicht Null ist, denn dann ist P nicht ∞ und die Werte von i und Θ sind nicht identisch. Wird das Auge jetzt auf und ab oder von links nach rechts bewegt, so bewegen sich die Fransen,

eine Erscheinung, welche man eine Art von „Parallaxe" nennen könnte, und mit deren Hilfe es leicht gelingt, φ richtig, d. h. $= 0$, zu adjustieren.

Alle oben beschriebenen Kurven lassen sich leicht erhalten, wenn man erst t_0 einen kleinen Wert beilegt und durch Adjustieren von φ die mittlere gerade Bande erhält: Wird jetzt t_0 grösser, dadurch dass M_2 zurückgezogen wird, so verwandeln sich die Fransen in Hyperbeln, dann einen Augenblick in Parabeln, dann in Ellipsen und schliesslich für grosse Werte von t_0 in einen Kreis.

VI. Ausser den vorhergehenden allgemeinen Fällen sind noch einige andere besondere von Interesse. Wir beginnen mit der Beschreibung des Verhaltens der Fransen, wenn t_0 durch den Wert Null hindurchgeht und das Vorzeichen wechselt.

Befindet sich M_2 hinter M_1, so ist t_0 positiv und für grosse Werte von t_0 haben φ und i das entgegengesetzte Vorzeichen; die Brennebene liegt hinter M_1. Unter diesen Bedingungen sind t_0 und φ positiv, i und P negativ. Nach Gleichung (1) ist $\varDelta$ negativ und e (Gleich. 7) natürlich positiv. Für grosse Werte von t_0 ist der Wert von P nach Gleichung (3) ebenfalls gross und i daher sehr klein. Daher ist e nach Gleichung (8) klein und die Fransen sind thatsächlich Kreise.

Wird M_2 vorgeschoben bis $t_0 = 0$, dann ist nach Gleichung (3) $P = o$ und die Brennebene durchschneidet die Ebene von M_2 im Gesichtsfeld.

Da $t_0 = 0$ und $\varDelta$ und i beide endlich sind, so ist der Wert von $e = 0$ (Gleichung 8). Da $t_0 = 0$, so können auch chromatische Fransen erhalten werden. Dieselben sind kreisförmig und ausserordentlich scharf.

Wird M_2 vor M_1 gebracht, so ändern t_0 und φ ihr Vorzeichen; sie werden negativ, während i und P positiv werden; $\varDelta$ bleibt negativ (das negative Vorzeichen vor $\varDelta$ bedeutet, dass $\varDelta$ abnimmt, wenn i zunimmt). Hieraus folgt, dass die Brennebene eine gekrümmte Fläche wird, welche gegen den Beobachter für negative Werte von P konkav ist. Dies kann mit dem Auge direkt beobachtet werden, insofern, als die Fransen auf einer konkaven Fläche zu liegen scheinen.

Der Wert von $\varDelta$ wird jetzt

$$20)\qquad \varDelta = 2\,\frac{-t_0 + P\,tg\,i\,tg\,\varphi}{\sqrt{1 + tg^2\,i + tg^2\,\Theta}}$$

und $t_0 > P\,tg\,i\,tg\,\varphi$, so dass $\varDelta$ negativ ist. Wird M_2 noch weiter vorgeschoben, so nimmt i zu und ebenso P. Eine Zeit lang nimmt der Wert von e (Gleichungen 7 und 8) zu; gleichzeitig gehen die Kurven aus Kreisen ($e = 0$) in Ellipsen ($e > 0$ aber < 1) über, dann in Parabeln ($e = 1$), weiter in Hyperbeln ($e > 1$) und schliesslich in eine gerade Linie ($e = \infty$).[1]

Nimmt der Wert von t_0 zu, nachdem der Minimumswert von $\varDelta$ erreicht ist, so wird die Zunahme von P reichlich aufgewogen durch die Abnahme des Wertes von $tg\,i$, so dass der Wert $P\,tg\,i\,tg\,\varphi$ abnimmt. Der Wert von $\varDelta$ nimmt daher zu und der von e nimmt ab. Hieraus ergiebt sich, dass, wenn M_2 weiter vorgeschoben wird, die konjugierten Hyperbeln sichtbar werden und in umgekehrter Reihenfolge durch die oben erwähnten Kurvenformen hindurchgehen und schliesslich als Kreise sichtbar werden.

Dieser Fall giebt uns ein gutes Mittel, um die chromatischen Fransen des Instrumentes aufzufinden (die Nulllage des Instrumentes.) Man verfährt dann folgendermassen: Nachdem man Fransen mit der Natriumflamme hergestellt hat, adjustiert man M_2 so, dass die Parallaxe ein Minimum ist und die Fransen Kreise sind. Dies liefert einen kleinen Wert für φ. Nun wird M_2 durch die Nulllage hindurchgeführt, bis die Kreise Hyperbeln werden. Jetzt wird M_2 zurückgeführt, bis die Fransen gerade anfangen, kreisförmig zu werden. Wird nun weisses Licht für die Natriumflamme eingeschaltet und M_2 noch weiter langsam mittels der Schraube zurückgeführt, so entstehen chromatische Fransen. Dieselben sind so scharf, dass man sie leicht mit dem diffusen Lichte des Zimmers erhalten kann.

VII. Der zweite ergänzende Fall bezieht sich auf die Drehung des Kompensators, welche die Weglänge und damit den Wert von t_0 verändert. Ist der Wert von t_0 schon gross, so wird diese Änderung weder den Wert von P (Gleichung 3) oder den von $\varDelta$ (Gleichung 1) merklich beeinflussen und daher bleibt auch der Wert von e derselbe. Ist jedoch t_0 klein, so bewirkt die Drehung eines Kompensators eine grosse relative Veränderung von t_0 und daher auch eine grosse von P und $\varDelta$; es ändert sich dann auch der Wert von e sehr schnell.

Ist beispielsweise der Wert von t_0 klein und der Kompensator parallel der Platte A (Fig. 1), so gehen die kreisförmigen Fransen bei einer derartigen Drehung, dass die optische Weglänge durch das Glas kleiner wird, in elliptische über, indem der Wert von e bei der Drehung grösser wird. Wird bei weiterer Drehung t_0 noch kleiner, so nimmt e weiter zu und die Fransen verwandeln sich aus der parabolischen Form in die hyperbolische. Bald erscheint auch das konjugierte System der Hyperbeln im Gesichtsfeld. Beim Drehen des Kompensators bis zur

1) Dies hängt davon ab, ob $\varDelta$ Null wird oder nur einen Minimumswert annimmt, um dann zuzunehmen. Im Instrument kann der Wert von $\varDelta$ leicht kontrolliert werden und die Fransen zu geraden Linien gemacht werden.

Parallelität mit M_1 verändert sich das Aussehen der Fransen: Sobald nämlich die parallele Lage überschritten wird, ändert sich die Richtung der Bewegung der Fransen, und jetzt fängt auch der Wert von t_0 an zuzunehmen. Die Umkehr der Bewegung der Fransen ist eine sehr empfindliche Probe für den Parallelismus der Platten C und M (Fig. 1) und dürfte wohl von grossem Wert auch für andere Arbeiten sein.

VIII. Der dritte und letzte ergänzende Fall, welcher berücksichtigt werden muss, tritt auf, wenn $\varphi = o$ und $t_0 = o$ ist. Unter diesen Bedingungen ist P (Gleichung 3) unbestimmt. Daher ist D auch unbestimmt (Gleichung 1) und ebenso e nach den Gleichungen (7) und (8). Ist $t_0 = o$, so fallen M_1 und M_2 zusammen und offenbar sollte keine Interferenz vorhanden sein. Letzteres hängt jedoch davon ab, ob die zwei Lichtstrahlen genau dieselbe Phase haben. Da nun der eine Strahl an der äusseren Fläche von A, der andere an der inneren reflektiert wird, so müsste Interferenz auftreten, ausser wenn die Phasendifferenz gerade $\frac{1}{2}\lambda$ beträgt. Da M_1 und M_2 zusammenfallen, so sind i und Θ gleich Null und der Wert von e (Gleichung 9)

$$e = \sin i \cos i \sqrt{1 + tg^2 i + tg^2 \Theta} = \text{[illegible]}$$

und daher müssten die Fransen, wenn sie überhaupt vorhanden sind, Kreise sein.

Zu diesem Schlusse können wir auch auf folgende Weise gelangen. Eine Phasendifferenz, mag sie von irgend welcher Ursache herrühren, ist einem bestimmten Werte von t_0 äquivalent. Da $\varphi = o$, so muss e nach Gleichung (1) sein

$$e = \frac{2 P \, tg \, \varphi}{\Delta} = o.$$

Wird weisses Licht benutzt, so tritt zu der von der Reflektion herrührenden Phasendifferenz noch Dispersion ein, welche durch den Kompensator hereinkommt (ausser wenn C genau parallel A ist, Fig. 1). Diese Dispersion ist von Cornu (C. R. 93, 1881) und Michelson (Phil. Mag. [5] **13**, 236, 1882) untersucht worden.

Hieraus folgt, dass sehr schöne chromatische Fransen, selbst dann, wenn $\varphi = o$ und $t_0 = o$, auftreten. Das Vorhandensein von Fransen unter diesen Bedingungen liefert uns ein Mittel, um zu prüfen, ob eine Phasendifferenz vorhanden ist, welche von einer der oben erwähnten Ursachen herrührt. Unter diesen Bedingungen sind 147 kreisförmige chromatische Fransen gezählt worden.

Colorado College, September 1901.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 1. Oktober 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

Edmund Hoppe (Hamburg), Naturforschung und Technik.[1])

Wenn man als die Aufgabe der Naturforschung die Erkenntnis der Natur und der in der Natur wirkenden Kräfte und deren Gesetze bezeichnet und die Technik als eine ausübende Kunst auffasst, so ist die Meinung scheinbar berechtigt, dass die Eine sehr wohl ohne die Andere bestehen könne, und wenn auch beide die Natur als Objekt der Bearbeitung haben, würden sie doch nach Methode und Ziel wesentlich voneinander abweichen. Oft genug begegnet man der Meinung, dass die Technik der Naturforschung nicht bedürfe und hin und wieder scheinen technische Erfolge, wie z. B. die amerikanische Methode der Linsenschleifung, die Ansicht zu rechtfertigen, dass durch „Probieren" mehr erreicht werden könne als durch wissenschaftliche Forschung. Allein derartige Erfolge sind vereinzelt und immer nur in engbegrenzten Gebieten möglich und selbst da können sie einer vorgängigen Forschung nicht entbehren. Fasst man das Gesamtgebiet der Technik ins Auge, so kann man dieselbe nicht als eine Kunst ansehen, sondern als die Wissenschaft von der Nutzbarmachung der Natur und der Naturkräfte. Diese Nutzbarmachung entspringt aber dem Bedürfnis der Menschheit, sich im Kampfe ums Dasein Bundesgenossen zu suchen, und setzt voraus die Erkenntnis und die Erforschung der Natur und ihrer Kräfte. Daher ist Technik und Naturforschung so alt als das Menschengeschlecht selbst und die ersten Anfänge der Technik sind nicht denkbar ohne eine vorgängige Naturforschung, diese aber setzte nicht mit der Absicht ein, patentierungsfähige Erfindungen zu machen, sondern sie beruhte auf Beobachtung und Verknüpfung der Beobachtungen im Denkvermögen. Es ist jedoch nicht meine Absicht, bei den Anfängen beider Wissenschaften zu verweilen, richten wir unsern Blick auf den gegenwärtigen Zustand der Technik und Forschung.

1) Abteilung 3., Eröffnungsvortrag am 23. September 1901.

Das abgelaufene Jahrhundert stand unter der Herrschaft des Dampfes in Bezug auf die technische Entwickelung, und gerade an der Dampfmaschine illustriert sich das Verhältnis von Wissenschaft und Technik in hervorragender Weise. Aus unsern Lehrjahren erinnern wir uns, dass uns die Äolipile Heros als älteste Dampfmaschine gezeigt wurde, und genau so geschieht es noch heute. In der Regel wird die Sache so dargestellt, als ob dieses Spielzeug ganz zufällig erfunden sei, und damit ist dann die Frage beantwortet, wie es möglich gewesen ist, dass von dieser ersten Dampfmaschine Heros bis zu James Watt mindestens 1700 Jahre über die Erde dahingehen konnten. Erst seit einem Jahre sind wir im Besitz einer guten Ausgabe der Werke Heros, soweit sie erhalten sind, und während man früher die Beschreibung der kleinen Maschinen und Automaten, von denen noch manche in unseren Sammlungen Heros Namen tragen, als die Hauptsache betrachtete, wissen wir heute, dass diese technischen Konstruktionen nur eine Bethätigung der ganz hervorragenden wissenschaftlichen Kenntnisse des Physikers Hero gewesen sind. Aus der Einleitung zu seiner Pneumatik erfahren wir über seine Kenntnisse, dass er wusste, dass die Luft elastisch sei; und er erklärt diese Eigenschaft ziemlich mit den gleichen Worten, wie wir es heutzutage thun; er lehrt, dass man unterscheiden müsse zwischen luftverdünntem und luftleerem Raume, er kennt das Prinzip der Sprengelschen Luftpumpe und den Luftdruck. Hero hat die Wirkung der Wärme auf die Körper, speziell auf die Gase, studiert und giebt das Prinzip der Heissluftmaschine an, er lehrt die Dampfbildung durch Wärmezufuhr in energetischem Sinne. Ja, was ganz überraschend ist, er kennt den Energieverbrauch in der Bewegung und lehrt, dass ein Körper dauernd in seiner Bewegung verharren müsse, wenn diese Energieverluste nicht wären. Ein solcher Mann hat die Dampfmaschine erfunden; wir sehen, das ist nicht zufällig! Er ist, wie er selbst sagt, nicht in dem allen Original, sondern steht auf den Schultern seiner Lehrer Archimedes und Ktesibius, aber wir kennen aus dem ganzen Altertum keinen, der ihm an physikalischen Kenntnissen gleichkäme.

Um so mächtiger drängt sich die Frage auf, wie konnten solche Kenntnisse der Menschheit wieder verloren gehen, so dass erst durch Galilei, Guericke und noch jüngere Forscher diese Thatsachen wieder entdeckt werden mussten. Zwei Ursachen wirkten zusammen. Der eherne Schritt römischer Barbarei zertrat in Ägypten, genau wie einst in Sizilien die Archimedessche Kultur, hier die physikalische Hochschule des Ktesibius und seiner Nachfolger. Sodann aber, und das ist wohl der Hauptgrund, waren Ktesibius und sein grösserer Schüler Hero so sehr über den allgemeinen Bildungsstand des Volkes erhaben, dass für die aus jenen Kenntnissen ableitbaren technischen Konstruktionen kein Bedürfnis und kein Verständnis vorhanden war. Auch nachdem das Römer-Reich zertrümmert war und ein intelligenteres Volk an seine Stelle trat, die Araber, haben dieselben Heros fünf mechanische Potenzen und eine Anzahl seiner pneumatischen Maschinen (Luft- und Wasserorgel etc.) wohl weiter gebildet, aber für die physikalischen Schätze seines Wissens hatten sie nur so viel Verständnis, dass sie uns dieselben überlieferten, aber Gebrauch haben sie nicht davon gemacht. So ist die Kenntnis Heros durch die Araber nach Spanien gekommen und es ist kein Zufall, dass ein spanischer Schiffskapitän 1543 zuerst versuchte, mit Heros Äolipile ein Schiff zu treiben. Da man damals aber noch nicht das Bedürfnis hatte, in 5 Tagen die neue Welt zu erreichen, blieb auch dieser Versuch ohne Fortbildung, dagegen verbreitete sich um diese Zeit die Kenntnis der Heroschen Schriften im Abendlande, es erschien 1575 eine erste lateinische Uebersetzung seiner Pneumatik und Porta wiederholte 1606 einen Heroschen Versuch, um die Menge des aus einem bestimmten Wasserquantum zu gewinnenden Dampfes festzustellen. Als nun bei den fortschreitenden Tiefen des Bergbaues sich das Bedürfnis herausstellte, das Wasser von der Sohle des Schachtes an die Oberfläche zu befördern, griff man zu der Heroschen Wasserhebemaschine, und deren Kenntnis gelangte durch Salomon de Caus zu Lord Worcester. So entstand in England die erste Wasserförderung durch Dampf.

Auch die Erfindung des Kolbens geht auf eine rein wissenschaftliche Forschung zurück. Gewöhnlich (so bei Poggendorff) wird die Sache so dargestellt, als ob der Kolben von der Pumpe übernommen sei und man versucht habe, unter demselben eine Luftleere herzustellen. Das ist aber ein Missverständnis. Papin hat die Ehre, die hohe Spannkraft überhitzten Wasserdampfes erkannt zu haben. Diese wollte er bei einer Wasserhebemaschine nutzbar machen und trennte darum Wasser und Dampf durch einen ausgehöhlten Deckel, welchen er mit glühenden Kohlen füllte. Diesen losen Deckel übernahm Newcomen in seine Maschine. Aber die Idee, überhitzten Dampf anzuwenden, ist erst in unseren Tagen in die Technik eingezogen, wo es gilt, die Energie der Kohle nutzbarer zu machen, und es ist in der That ein technischer Fortschritt, wenn in der Wolffschen Lokomobile, dieser Papinschen

Idee folgend, Dampf mit ca. 140° Überhitzung einen Wirkungsgrad von 75,33 Proz. für den Kessel und einen kalorischen Nutzeffekt von 17,3 Proz. liefert. Aber mit dem blossen Ausprobieren ist hier gar nichts erreicht worden.

Ebensowenig sind die Fortschritte in unserer modernen Eisenkonstruktion dem Probieren und der Erfahrung zu danken. Das Bedürfnis, solche Spannungen wie bei der Firth of Forth-Brücke oder bei der Kaiser Wilhelms-Brücke zu überschreiten, hat schon lange bestanden, aber wie hätte ein Ingenieur an solche Wagnisse gehen können, wenn er nicht durch vorherige Erforschung der Festigkeit und der Elastizität des Eisens eine genaue Grundlage für die Berechnung gehabt hätte, welche ihm den Beweis der Möglichkeit brachte. Der Weg zu solchen konstruktiven Wundern ist genau derselbe gewesen, wie bei jeder rationellen Naturforschung: von der Beobachtung zur Messung und Berechnung, von da durch Vergleichung der Resultate in den Einzelfällen zur mathematischen Formel, zum Naturgesetz; dies erst giebt die Grundlage für die Konstruktionen.

Dass das Bedürfnis nicht die Technik schafft, zeigt kein Zweig derselben deutlicher als die Elektrotechnik. Das Bedürfnis zu Telegraphieren hat die Menschheit mindestens schon 1000 Jahre vor unserer Zeitrechnung gehabt, aber noch das zu Ende gehende 18. Jahrhundert musste sich mit optischen Telegraphen begnügen. Es ist kein Wunder, dass unmittelbar nach der Entdeckung der grossen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität in Drähten durch Winkler-Leipzig und Le Monnier-Paris der Versuch 1753 gemacht wurde, die statische Elektrizität zum Telegraphieren zu benutzen. Und man hat eifrig an der Lösung dieser Aufgabe gearbeitet! Aber selbst die mit grossem Aufwand in Szene gesetzte Methode von Lesage 1774 mit 24 Drähten und die von Ronald 1816 mit Funkenzeichen eingerichtete Telegraphie bewies, dass die Sicherheit des Betriebes auf diese Weise nicht zu erreichen sei.

Ebensowenig genügten die Sömmeringsche Idee der chemischen Telegraphie und die Ampèresche der Nadeltelegraphie mit ihren 24 Leitungsdrähten den Forderungen der Rentabilität. Erst als durch die Induktion die Möglichkeit gegeben war, mit einem Magneten und einer Schleifenleitung das Alphabet zu schreiben, hatte die Geburtsstunde der elektrischen Telegraphie geschlagen. Das Bedürfnis treibt nur zum Versuch, eine wissenschaftliche Entdeckung zu verwerten, aber erst die Betriebssicherheit und die Rentabilität entscheiden darüber, ob eine Technik sich aus der Entdeckung ableiten lässt.

Im Jahre 1831 hatte Faraday die Induktion entdeckt, schon im folgenden Jahre finden wir zwei Wechselstrommaschinen, aber sie entsprechen nicht dem Bedürfnis, und als Stöhrer 1844 den Poggendorffschen Kommutator mit der Maschine verband, genügte der Apparat noch nicht der Forderung der Rentabilität, so dass 5 Jahre später die erste praktische Verwendung des Bogenlichtes bei der ersten Aufführung des Meyerbeerschen Propheten in Paris noch mit 320 galvanischen Primärelementen gespeist wurde, aber schon 10 Jahre später erhielt der erste elektrische Leuchtturm seinen Strom von der Alliance-Maschine.

Wie sehr die Technik nicht nur von der Entdeckung der Thatsachen, sondern auch von einer richtigen wissenschaftlichen Theorie abhängt, lehrt uns die Entwickelung der Elektrochemie. Auf Grund seiner Versuche über die Wasserzersetzung hatte Ritter in Jena bereits 1799 die elektrische Polarität der Elemente erkannt und eine Theorie der galvanischen Elemente und der Voltaschen Säule geschaffen, ehe Volta mit seinem Spannungsgesetz hervortrat. Jene Rittersche Theorie entsprach den Thatsachen, sie lehrte ihn bereits 1800 aus Kupfervitriol das Kupfer, aus Silbernitrat das Silber niederschlagen, aber Voltas Theorie erhielt den grossen Preis Napoleons von der Pariser Akademie und Volta beherrschte 90 Jahre lang mit seiner Theorie die Wissenschaft, während Ritter so sehr der Vergessenheit mit seinen Arbeiten und seiner Theorie anheimfiel, dass Sie noch heute in den Lehrbüchern lesen können, die Wasserzersetzung habe Nicholson, die Metallfällung habe Cruikshank entdeckt. Und als ich 1884 zuerst und 1888 ausführlich auf Ritters Verdienste aufmerksam machte, fand dieser Nachweis wohl die Zustimmung einzelner Gelehrter, aber es ist noch heute möglich, dass ein Vortrag, wie der Swans vor der Soc. of Chemical Industry mit seinen vielen Unrichtigkeiten ohne Korrektur in deutschen Journalen abgedruckt wird. Nach Ritter entdeckte wohl Davy die Elektrolyse geschmolzener Salze und stellte die Metalle Kalium, Natrium, Baryum, Strontium und Calcium auf diese Weise 1806 her, und ein Jahr später erfand Seebeck schon den Amalgamprozess, aber technisch wurde aus diesen Entdeckungen nichts, das Voltasche Spannungsgesetz mit der Kontakttheorie hemmten den Fortschritt. Wie mühsam haben Hittorf und F. Kohlrausch der Theorie der Ionenwanderung Eingang verschaffen können und dadurch in Verbindung mit Arrhenius' und van't Hoffs Lösungstheorie die Grundlage für die Nernstsche Theorie des Stromes geschaffen. Mit diesen langsamen wissenschaftlichen Fortschritten ging die Technik voran, so dass erst seit etwa 10 Jahren von einer

technischen Elektrochemie gesprochen werden kann.

Aber die Technik ist in dem Verhältnis zur wissenschaftlichen Forschung durchaus nicht allein die Empfangende. Wie eine gute Tochter ist sie der Mutter hilfreich zur Hand gegangen. Ich denke da nicht nur an die Feinmechanik, welche durch Ausbildung wissenschaftlicher Apparate und Vervollkommnung der Messmethoden und Werkzeuge dem häuslichen Dienst der Wissenschaft die Hilfe bot, wodurch die Forschung nicht nur erst möglich wurde, sondern auch ganze Forschungsgebiete erst geschaffen wurden. Was sollte die Physik wohl ohne die genauen Wagen, ohne die Dynamometer, ohne die Spektralapparate etc. heute leisten; welche Fortschritte in der Astronomie verdankt man der Ausbildung der photographischen Teleskope, und gäbe es wohl eine Biologie und Bakteriologie, wenn nicht die Technik die Mikroskope geschaffen hätte, welche dieser Welt im kleinen erst die schützende Decke abzogen? Ich denke vielmehr auch an die Technik, welche das elterliche Haus der Wissenschaft verlassen hat und selbständig ihr Gebiet umgrenzt und durchforscht.

Jeder alte Schwertfeger kannte die Methode des Härtens wohl, aber erst die Entdeckung des Hartgusses, die Erkenntnis von der grossartigen Wirkung der Beimengung minimaler Massen anderer Elemente zum Eisen, wiesen die wissenschaftliche Forschung auf das Gebiet der Strukturveränderung der Körper, speziell der Metalle, und zeitigten hier Untersuchungen über Elastizität und Konstitution, deren Resultate noch eine weitere Ausbeute wissenschaftlicher Erkenntnis erwarten lassen.

Das technische Bedürfnis der Gasfabrikation im Konkurrenzkampf mit dem elektrischen Licht trieb zur Aufsuchung besser leuchtender Körper, als es die glühenden Kohlepartikeln des Leuchtgases sind, welche ca. 90 Proz. Wärme und nur 10 Proz. Lichtstrahlen aussenden. Hierdurch wurde man veranlasst, die bis dahin fast ganz vernachlässigten Metalle Thorium, Osmium, Zirkonium etc. und ihre Verbindungen zu untersuchen. Da entdeckte man die enorme Lichtemission des Thoroxydes. Da fand man die abnormale Leitfähigkeit der warmen Magnesia, und wenn selbst die technische Ausnutzung dieser Entdeckungen an den Grundforderungen der Technik: Sicherheit des Betriebes und Rentabilität, scheitern sollten, würde der wissenschaftliche Wert doch bestehen bleiben.

Zwischen der ersten richtigen Erklärung des Lichtbogens durch Oerstedt (1818) und der Lösung des Problems der „Teilung des elektrischen Lichtes" durch die Differentiallampe von Hefner-Altenecks (1879) liegt eine lange wissenschaftliche und technische Arbeit, aber welche Fülle von neuen Entdeckungen lieferte der Lichtbogen für die Wissenschaft. Neben der glänzenden Entdeckung der Flammentelephonie, erinnere ich nur an die Elektrolyse im Lichtbogen. Das Calciumkarbid ist ja nicht der einzige Körper, welcher dem elektrischen Ofen sein Dasein verdankt und der Wissenschaft neue Probleme gestellt hat. Die Fortschritte der letzten 6 Jahre gerade auf diesem Gebiete erwecken die Hoffnung, dass der elektrische Lichtbogen uns noch viele Geheimnisse der Natur enthüllen wird.

Als im Jahre 1877 das Bellsche Telephon die Welt in Erstaunen versetzte, rühmte man besonders die hohe technische Vollendung, mit welcher der Erfinder es der Menschheit übergab. Wir wissen ja heute, dass es eine lange wissenschaftliche Vorgeschichte hatte, ehe es so vollendet erscheinen konnte, aber wie dankbar hat sich hier die Technik auch für die Wissenschaft erwiesen. Nicht nur die Untersuchungen über die Periode der Schwingungen, über die Verzögerung der Magnetisierung, die Verwendung des Telephons in der Brücke will ich erwähnen, das Telephon und Mikrophon waren es auch, welche die grosse Empfindlichkeit des Stromes für geringe Widerstandsveränderungen enthüllten und damit thermoelektrische Vorgänge erklärten, welche bis dahin nicht erkannt waren.

Bei der Erforschung des Erdmagnetismus empfanden Gauss und Weber das Bedürfnis, zwischen ihren beiden etwa 1,5 km voneinander entfernten Beobachtungslokalen eine schnelle Verständigung zu ermöglichen, deshalb zog Weber die beiden Leitungsdrähte des Induktoriums über den St. Johanniskirchturm. Wohl bemerkte Gauss in seinem Bericht an die Hannoversche Regierung, dass die Telegraphie für den Verkehr von ausserordentlicher Bedeutung sei, aber beide lehnten die technische Weiterbildung dieser Entdeckung ab und übertrugen dieselben ihrem Schüler Steinheil. Als dieser aber den ersten technisch ausgebildeten Telegraphenbetrieb einrichtete, entdeckte er die Rückleitung durch die Erde und diese technische Entdeckung hat von den Untersuchungen Baumgartners an durch die Messungen des Erdstromes und seines Zusammenhanges mit dem Erdmagnetismus, der Bestimmung des Erdpotentials bis zu den heutigen Diskussionen über Blitzableiter und vagabondierende Ströme die Wissenschaft beschäftigt. Ueberschauen wir einmal die technischen Erfolge, welche sich an jene 3 km Leitungsdraht in Göttingen knüpfen. Das erste Telegramm Webers (1833) lautete: „Michelmann (der Institutsdiener) kommt." Diese zwei Worte erforderten 43 Bewegungen des Magneten und ca. 2 Minuten Zeit. Im Jahre

1900 besass Deutschland allein 618459 km Leitung und 44558742 Telegramme wurden aufgegeben, die Welt (ausschliesslich Italien) besass 4314751 km Leitungen und 355409133 Telegramme wurden verarbeitet, ein einziger Pollak-Virág-Apparat[1]) leistete in einer Stunde 60000 Worte und bei forciertem Betrieb in Amerika gar 155000 Worte. Das sind ja überaus markante technische Fortschritte, aber ist die wissenschaftliche Ausbeute der Telegraphentechnik nicht eine mindestens ebenso bedeutsame? Freilich hatte man Kondensatoren und Induktorien schon früher wissenschaftlich untersucht, ihre Verbindung miteinander wurde zunächst in der Telegraphie bedeutsam, um darauf das Material zu bieten für die epochemachenden Versuche von Hertz, dann kamen die technischen Erfahrungen der Wechselstromtransformatoren von Ferraris und Tesla dazu und förderten das Studium der elektrischen Wellen und gegenwärtig hat die aus dem Kugelkontakt-Mikrophon hervorgegangene Frittröhre die drahtlose Telegraphie zum Gegenstand allgemeinsten Studiums gemacht.

Die Gewinnung reinsten Kupfers aus Kupfervitriol gelang schon Ritter, aber die Erze, aus welchen wir das Kupfer gewinnen, sind nicht reines Kupfersulfat, sie enthalten Eisen, Blei, Silber etc. in grösseren oder kleineren Mengen. Freilich zeigt die Untersuchung, dass aus den Erzen, welche frei von Schwefeleisen sind, mit dem Siemensschen Sulfatverfahren (1888) einwandfreies Kupfer gewonnen wird, und es liefert mit diesem Verfahren der Energieaufwand von $^1/_2$ kg Steinkohle 1 kg Kupfer, während der frühere Schmelzprozess 5 kg Kohle erforderte für die gleiche Ausbeute. Es begreift sich demnach, wie durch den Übergang zum Sulfatverfahren jährlich ca. 30 Millionen Mark gespart werden. Aber welche mühevolle Untersuchung war es, um auch ein Verfahren zu finden, welches auch das eisenhaltige Erz bearbeitbar machte? Das Höpfnersche Chlorürverfahren hat nach langen Versuchen nicht nur dies geleistet, sondern auch das immer wieder durch sekundäre Zersetzungen entschlüpfende Zink, das Nickel, Blei und Silber an die Kathode gebannt. Das Cyanürverfahren von Siemens zur Goldgewinnung ist doch nicht nur ein technischer Fortschritt, sondern eben so sehr ein wissenschaftlicher. Die mechanischen Methoden, um auch bei starken Strömen feste und homogene Niederschläge zu erhalten im Elmore-Verfahren oder in der Centrifugal-Methode, scheinen zunächst nur technische Bedeutung zu haben, aber sie lehren auch, dass nur notwendig ist, dass das Molekül in engem Kontakt mit dem Nachbarmolekül stehen muss, um feste Körper zu geben und korrigieren damit die falschen Anschauungen von der Konstitution der festen Körper, wie sie noch heute vieler Orten gelehrt werden. Ebenso ist das neue Rhodin-Verfahren zur Chlor- und Sodafabrikation doch nicht nur von Bedeutung wegen der dabei aufgewendeten 1500 Amp., sondern auch wegen der durch die Erwärmung bewirkten Zersetzung der Amalgame in statu nascendi.

Noch vor 15 Jahren würden die meisten Dozenten bezweifelt haben, dass die Elektrolyse auf organische Produkte mit Erfolg anwendbar sei, heute stellt man Jodoform, Vanillin, Chloral, Anilinblau, Alizarin etc. elektrolytisch dar. In Ludwigshafen wird der schwefligen Säure direkt aus der Luft Sauerstoff zugeführt und die Schwefelsäure ist erzeugt, und Mr. Dougal zieht aus der Luft durch den elektrischen Lichtbogen den Stickstoff, um Salpetersäure zu erhalten. Ist es angesichts der Erfolge des elektrischen Ofens wirklich noch ein phantastisches Traumbild, wenn man die Hoffnung ausspricht, in Bälde auch das Eisen und besonders den Stahl auf diese Weise herstellen zu können, und damit der masslosen Vergeudung der Steinkohlen ein Ende zu machen.

Alle diese Erfolge, deren Reihe ja leicht zu vermehren wäre, sind nur gewonnen durch eine fortgesetzte innige Verbindung von Technik und wissenschaftlicher Forschung. Beide sind aufeinander angewiesen. Die Technik verkümmert ohne das wissenschaftliche Laboratorium und die Wissenschaft verliert sich in wüste Spekulation, wenn sie nicht die realen Forderungen der Technik behandelt. Die unbestreitbaren Erfolge deutscher Technik beweisen, was die innige Verbindung mit der Forschung wert ist.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 4. Oktober 1901.)

1) Vgl. diese Zeitschr. 1, 484, 1900; 2, 201, 1901.

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Büssing, Adelbert, Geschichte der Metalle. Vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleisses mit dem ersten Tornow-Preise gekrönte Preisschrift. gr. 8⁰. VIII u. 274 S. 1901. Berlin, Leonhard Simion. M. 6.—.

van Deventer, Ch. M., Physikalische Chemie für Anfänger. Mit einem Vorwort von J. H. van't Hoff. Zweite Auflage besorgt von Ernst Cohen. 8⁰. VIII u. 172 S. 1901. Amsterdam, S. L. van Looy; Leipzig, Wilhelm Engelmann. Geb. M. 4.—.

van't Hoff, J. H., Zinn, Gips und Stahl vom physikalisch-chemischen Standpunkt. Vortrag gehalten im Verein der Deutschen Ingenieure zu Berlin. Mit 10 Figuren. 8⁰. 35 S. 1901. München, R. Oldenbourg. M. 2.—.

Hofmann, Albert, Aufnahmeapparate für Farbenphotographie. Sonderabdruck aus dem „Photograph. Centralblatt". Mit 30 Figuren. 4⁰. II u. 30 S. 1901. München, Georg D. W. Callwey. M. 1.50.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Unter Mitwirkung von H. Beckurts, C. A. Bischoff, E. F. Dürre, J. M. Eder, P. Friedländer, C. Haessermann, F. W. Küster, J. Lewkowitsch, M. Märcker, W. Muthmann, F. Röhmann herausgegeben von Richard Meyer. X. Jahrg. 1900. gr. 8⁰. XII u. 566 S.

1901. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. M. 14.—, gebunden in Leinen M. 15.—, in Halbfranz M. 16.—.

Neuhauss, R., Lehrbuch der Projektion. Mit 66 Abbild. kl. 4⁰. VIII u. 124 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 4.—.

Platner, Gustav, Die Mechanik der Atome. gr. 8⁰. IV u. 97 S. 1901. Berlin, M. Krayn. M. 2.50.

Stallo, J. B., Die Begriffe und Theorien der modernen Physik. Nach der 3. Auflage des englischen Originals übersetzt und herausgegeben von Hans Kleinpeter. Mit einem Vorwort von Ernst Mach. Mit einem Portrait des Verfassers. kl. 8⁰. XX u. 332 S. 1901. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. M. 7.—, gebunden M. 8.50.

Witt, Otto N., Die Chemische Industrie auf der Internationalen Weltausstellung zu Paris 1900. gr. 8. IV u. 136 S. 1900. Berlin, R. Gaertner's Verlagsbuchhandlung. Geb. M. 5.—.

Zsakula, Milan T., Gleichstrommessungen. Handbuch für Studierende und Ingenieure. Für den praktischen Gebrauch bearbeitet. Mit 117 Figuren. 8. XII u. 306 S. 1901. Berlin, Louis Marcus. Gebunden M. 8.—.

XI. Versammlung russischer Naturforscher und Ärzte.

In der Zeit vom 2.—12. Januar 1902 (20.—30. Dezember 1901 a. St.) wird in St. Petersburg die XI. Versammlung russischer Naturforscher und Ärzte stattfinden. Das leitende Komitee besteht aus dem Präsidenten Prof. N. A. Menschutkin, Vizepräsidenten Prof. A. A. Inostranzeff und den Schriftführern Prof. I. I. Borgman und Prof. W. T. Schewiakoff. Die Versammlung wird in folgende Sektionen geteilt werden: Mathematik und Mechanik, Astronomie und Geodäsie, Physik, Physikalische Geographie, Chemie, Geologie und Mineralogie, Botanik, Zoologie, Anatomie und Physiologie, Geographie mit der Subsektion Statistik, Agronomie, Wissenschaftliche Medizin und Hygiene.

Die allgemeinen Sitzungen der Versammlung werden stattfinden am 2., 8. und 12. Januar; die Sektionssitzungen am 3., 4., 5., 6., 9., 10. und 11. Januar.

Teilnehmer an der Versammlung werden ersucht, womöglich vor dem 15. Dezember 1901 dem Komitee der Versammlung russischer Naturforscher und Ärzte (St. Petersburg, Universität) ihre genauen Adressen und den Mitgliedsbeitrag (3 Rubel) einzusenden und anzugeben, welcher Sektion sie beizutreten wünschen.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/02.

Universität Berlin.

Nachzutragen: **F. F. Martens**: Theorie optischer Instrumente (mit Demonstrationen), 1 *p*.

Universität Göttingen.

Nachzutragen: **H. Th. Simon**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2 *p*; Ausgewählte Kapitel der angewandten Physik (drahtlose Telegraphie und -Telephonie, Prinzipien einer rationellen Beleuchtung u. s. w.), 1 *g*; Elektrotechnisches Praktikum, 3 *p*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, *g*.

Tagesereignisse.

Die Wiener Akademie der Wissenschaften hat in ihrer ausserordentlichen Sitzung beschlossen, die 1899 ausgeschriebene Preisaufgabe für den von A. Freiherrn v. Baumgartner gestifteten Preis: „Beiträge zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die unsichtbare Strahlung" zu erneuern. Preis 2000 Kronen. — Termin 31. Dezember 1903. Die Abhandlungen sind mit Motto und versiegelter Nennung des Verfassers zum bestimmten Termine einzusenden und dürfen nicht von der Hand des Verfassers geschrieben sein. Jede gekrönte Preisschrift bleibt Eigentum des Verfassers; auf dessen Wunsch wird die Schrift durch die Akademie als selbständiges Werk veröffentlicht und geht dann in das Eigentum derselben über.

In Göttingen ist das auf dem Hainberg neuerbaute geophysikalische Institut durch den Leiter Professor Wiechert seiner Bestimmung übergeben worden.

Mit Genehmigung des Unterrichtsministers wird an der Technischen Hochschule zu Berlin dem Programm der Abteilung für Chemie und Hüttenkunde folgender Vermerk angefügt werden: „Die Abteilung hält es für wünschenswert, dass die Studierenden der Chemie und Hüttenkunde sich einige mechanisch-technische Handfertigkeit aneignen, etwa durch Arbeiten in einer Maschinenfabrik oder mechanischen Werkstatt während eines Teiles der Ferien."

Personalien.

Professor Dr. Rüdorff, Vorsteher des Laboratoriums für anorganische Chemie an der Berliner Technischen Hochschule, ist in den Ruhestand getreten. Als sein Nachfolger ist der Privatdozent Dr. Hugo Erdmann in Halle berufen worden.

Dem Privatdozenten, zugleich Assistenten am chemisch-technischen und elektro-chemischen Institut an der Technischen Hochschule in Darmstadt, Dr. Bernhard Neumann, wurde von dem Verein zur Förderung des Gewerbefleisses in Berlin ein Preis von 3000 Mark für seine Arbeit über „Die Geschichte der Metalle" zuerkannt.

An der technischen Hochschule in Krakau habilitierte sich Dr. Tottoczko für physikalische Chemie.

Dem früheren ausserordentlichen Professor an der Universität Heidelberg, jetzigen chemischen Leiter der wissenschaftlichen Abteilung des Hauptlaboratoriums der badischen Anilin- und Sodafabrik in Mannheim-Ludwigshafen, Dr. phil. August Bernthsen, wurde vom Grossherzog von Baden der Charakter als Hofrat verliehen.

Die goldene Medaille der Italienischen Gesellschaft für Wissenschaft ist an Marconi, der sich jetzt in London aufhält, für seine Verdienste bei der Erfindung der drahtlosen Telegraphie verliehen worden.

Der Privatdozent der Mathematik Dr. E. Neumann in Halle wurde zum ausserordentlichen Professor der theoretischen Physik an der Universität Breslau ernannt.

Die durch den Fortgang des Dozenten Vater erledigte Stelle eines Dozenten für Maschinenlehre an der Technischen Hochschule zu Aachen ist dem königlichen Regierungsbaumeister Reinhold Lutz in Charlottenburg übertragen worden.

An der Universität Berlin hat sich Dr. F. F. Martens für Physik habilitiert.

Der Dozent für Geodäsie, Landmesser Müller, wurde zum Professor der Landwirtschaftlichen Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, Privatdozent Dr. O. Sommer aus Göttingen zum Professor der Mathematik ebendaselbst ernannt.

Die etatsmässige Professur für Metallurgie an der Technischen Hochschule zu Aachen wurde dem Professor Dr. Wüst aus Duisburg übertragen.

Privatdozent Dr. U. Behn zu Berlin wurde zum Dozenten für Physik bei dem Physikalischen Verein zu Frankfurt a./Main berufen.

Professor Dr. K. Schwarzschild von der philosophischen Fakultät zu München wurde als ausserordentlicher Professor und Direktor der Sternwarte nach Göttingen berufen.

Berichtigungen.

In C. Bach, Das Ingenieurlaboratorium der K. Technischen Hochschule Stuttgart, 2, 24 Spalte 2, Fussbemerkung Zeile 3 v. u. soll es statt „Wirkungsmaschinen" Prüfungsmaschinen heissen.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 4. | 15. November 1901. Redaktionsschluss für No. 5 am 21. November 1901. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa. (Direktor: A. Battelli).

No. 11[1]): F. Maccarone, Ein Messapparat für die Erscheinungen der dielektrischen Polarisation.

In letzter Zeit ist vielfach über die Frage der Hysteresis und der dielektrischen Viskosität debattiert worden.

Ich habe einen Apparat herstellen lassen und benutzt, mit dem ich in einer rasch zum Ziel führenden Weise

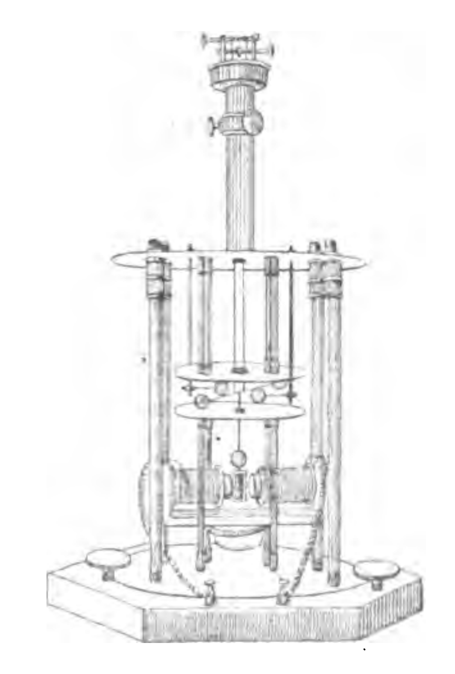
1. die Polarisation der Dielektrika und
2. jene Art der dielektrischen Viskosität, welche dieselben daran verhindert, der Veränderung des elektrischen Feldes ohne Verzögerung zu folgen,

vorführen und messen konnte.

Der Apparat kann ferner zeigen, dass Dielektrika, die aus dem elektrischen Felde herausgenommen werden, jede Spur von Polarisation verlieren, oder, dass in ihnen kein dem remanenten Magnetismus analoges Phänomen oder Hysteresis im engeren Sinne vorhanden ist.

Der wesentliche Teil meines Apparates, den man eine dielektrische Polarisationswage nennen kann, sind zwei gleiche, vollkommen ebene, horizontale Kreisscheiben aus Messing, die in der Mitte ein einige Centimeter grosses Loch haben (Fig. 1). Mittels Glassäulen werden sie von zwei anderen Kreisscheiben, einer unteren aus Zink und einer oberen aus Messing gehalten, die beinahe einen doppelt so grossen Durchmesser als die ersteren haben.

Die grossen Kreisscheiben sind durch vier Eisenstäbe miteinander verbunden; die obere von ihnen ist durch vier Paar Mutterschrauben aus Messing beweglich gemacht und man kann also innerhalb ausgedehnter Grenzen die Entfernung der beiden mittleren Kreisscheiben voneinander verändern. An der oberen von diesen Mittelscheiben ist eine Messingröhre festgemacht, die von einem gradierten Kopf abgeschlossen wird, der sich um die Achse der Röhre herumdrehen kann. Dieser Kopf trägt, bifilar aufgehängt, einen Glasbalken; an seinen äussersten Enden sind, in derselben Weise, wie ich sie zum Studium der dielektrischen Eigenschaften des Glases verwendete, zwei gläserne Kreisscheiben (mikroskopische Deckgläser) befestigt (Fig. 1), die in der nämlichen Vertikalebene, die auch durch die Aufhängungsachse hindurchgeht, hängen.



Indem man die Länge der bifilaren Aufhängung in passender Weise verändert, stellt man die Centren der Kreisscheiben stets in die Ebene, welche in der Mitte zwischen den beiden kleineren Messingscheiben sich befindet.

In welcher Stellung sich besagte Kreis-

1) No. 10: Diese Zeitschrift 3, 17, 1901.

scheiben nun auch immer befinden mögen, wenn der gradierte Kopf entsprechend gedreht wird, stets bleiben zwei andere gläserne Kreisscheibchen fest; jede von diesen wird von einem Arm getragen, der aus zwei Stücken, einem horizontalen aus Glas und einem vertikalen aus Messing besteht, und der von der obersten Kreisscheibe ausgeht. Die Stellung der beiden Armstücke ist durch geeignete Druckschrauben gesichert und man kann eines jeden Länge verändern; dadurch wird die Einstellung der festen Kreisscheibchen in die gewünschte Position sehr leicht gemacht. Die Winkelverschiebungen der bifilaren Aufhängung werden mit Spiegelablesung beobachtet; es dient dazu ein kleiner Spiegel, der mit den beweglichen Kreisscheiben unbeweglich verbunden ist mittels eines vertikalen Glasstäbchens, das durch das Centrum der unteren der beiden mittleren Kreisscheiben mitten hindurch geht.

Für diese Art von Versuchen muss die Bewegung der Wage vollkommen aperiodisch sein; ich konnte dies in befriedigendster Weise mit magnetischer Dämpfung erreichen: an den Balken, der den Spiegel trägt, habe ich eine rechteckige Scheibe aus dünnem Kupfer befestigt. Diese bewegt sich im magnetischen Felde eines Elektromagneten, der, was die Form anlangt, eine Nachahmung von dem von Lord Kelvin bei seinem Siphon recorder benutzten ist. Reguliert man nun die Intensität des Stromes, der den Elektromagneten erregt, so kann man die Bewegung der Aufhängung aperiodisch machen, und braucht nicht zu befürchten, dass der Apparat träge wird, weil man die magnetische Dämpfung zu sehr vergrössert hat.

Das Gewicht der ganzen bifilaren Aufhängung beträgt 0,608 g. Der ganze Apparat ist mit einer Glasglocke zugedeckt, unter der zwei Gläser mit konzentrierter Schwefelsäure zur Vermeidung von Isolationsfehlern stehen. Oben in der Glocke ist ein Loch, aus dem ein Teil der Messingröhre und der gradierte Kopf herausragt; eine seitliche Öffnung trägt eine Linse; diese sammelt die Strahlen einer Glühlichtlampe, kondensiert sie auf den Spiegel und projiziert den Glühfaden auf einer durchsichtigen Skala, die sich in einer Entfernung von etwa 8 Dezimeter befindet. In der nämlichen Öffnung befindet sich eine Elektrode, die in eines der mit Schwefelsäure gefüllten Gläser eintaucht und dazu dient, die Verbindung von einer der centralen Messingscheiben nach aussen hin herzustellen; die andere (obere) Mittelscheibe und der ganze Apparat ist mit dem Boden verbunden.

Ich verwendete den Apparat vorteilhaft folgendermassen: Ich bringe die erwähnte Elektrode mit dem Hebel eines Sabineschen Entladungsschlüssels in Verbindung; die beiden anderen Klemmschrauben des Schlüssels sind die eine mit dem Boden, die andere mit der inneren Belegung einer Batterie von neun grossen Leydener Flaschen in Verbindung gebracht; letztere werden von einer Töplermaschine geladen. Ein nach den Angaben von Lombardi[1]) in sehr einfacher Weise hergestelltes Elektrometer — eine Messingplatte, die bifilar zwischen zwei vertikalen Metallplatten aufgehängt ist — dient dazu, mir zu zeigen, wann die Ladung der Batterie die für die Versuche geeignete Stärke erreicht hat.

Ich lasse nun den Hebel des Schlüssels herab und, nachdem auf diese Weise ein ausreichend gleichförmiges und konstantes elektrisches Feld um die kleinen Glasscheiben herum hergestellt ist, beobachte ich eine stets wachsende Abstossung derselben, die ihr Maximum erst nach beträchtlicher Zeit erreicht.

Ich stelle nun die Verbindung des Hebels — und damit der beiden Mittelscheiben des Apparates — mit dem Boden wieder her, und beobachte nun, dass das Bild des Glühfadens nur ganz langsam in die Ruhelage zurückkehrt; zuweilen erreicht er sie erst nach einigen Minuten.

Als Beispiel folgen hier die Daten, die ich bei einem von vielen mit demselben Apparat ausgeführten Versuchen erhalten habe. Er ist ausgeführt worden, nachdem ich die Belegung der Batterie auf die Potentialdifferenz von einigen zwanzigen von elektrostatischen Einheiten gebracht hatte. Die Ablesungen auf der Skala wurden von 5 zu 5 Sekunden gemacht.

I. Ablenkungen nach Herstellung des Feldes:

Zeit:	0	5	10	15	20	25	30 Sek.
Ablenkung des Spiegels:	0	26	32	35	36,5	37	37

II. Ablenkungen nach Abstellung des Feldes:

Zeit:	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50 S.
Ablenkung	37	25	18	13	9	6	4	2,5	1,5	1	0,5.

Am Schlusse aller Versuche, nach längerer oder kürzerer Zeit, befindet sich der Spiegel stets in der Anfangsstellung, was uns zeigen kann, dass in den Dielektra kein dem remanenten Magnetismus analoges Phänomen vorhanden ist, in anderen Worten, dass keine eigentliche Hysteresis existiert. Das Moment der Abstossung M zwischen jedem Scheibenpaar kann durch die Formel

$$M = I^2 \varphi(\delta)$$

dargestellt werden; I ist das Mass der Polarisation der Substanz im Moment der Ablesung, und $\varphi(\delta)$ eine geeignete Funktion der Ablenkung δ, die unabhängig von den elektrischen

1) Lombardi, Fenomeni di polarizzazione e misura di differenze di potenziale. In: Mem. R. Acc. delle Scienze di Torino. ser. 2a, vol. 45.

Elementen, die in den Versuch hereinspielen, beobachtet wird.

In der That verhält sich ein polarisiertes Dielektrikum wie ein Körper, auf dessen Oberfläche eine Elektrizitätsschicht verteilt ist, deren Dichte gleich der Projektion der Polarisation auf die Normale der Oberflächen, oder gleich

$$\sigma = I \cos \Theta,$$

hier bezeichnet Θ den Winkel, den die Normale der Oberfläche des Dielektrikums mit der Richtung der Polarisation bildet.

Die gegenseitige Potentialenergie von zwei Stücken eines Dielektrikums, von denen eins auf das andere wirkt, wird ausgedrückt durch

$$W = -\int\int \frac{\sigma_1 \sigma_2}{r} dS_1 dS_2$$
$$= -\int\int \frac{I_1 I_2 \cos \Theta_1 \cos \Theta_2 dS_1 dS_2}{r},$$

dS_1 und dS_2 bedeuten das Oberflächenelement von jedem der beiden Stücke des Dielektrikums und r ihre Entfernung.

Der Einfachheit halber kann man voraussetzen, dass sowohl I_1 als I_2 sich äusserst wenig von einer gemeinsamen Grösse I entfernen, die unabhängig von dem in Betracht gezogenen Oberflächenelement ist.

Diese Hypothese ist streng, wenn jedes Stück des Dielektrikums die Form eines Ellipsoids hat, in welchem Fall die Polarisation im Innern des Dielektrikums absolut gleichmässig ist; in unserem Falle ist sie zulässig mit derselben Annäherung, mit der man bei dieser Art von Erscheinungen eine Kreissscheibe mit einem stark abgeplatteten Ellipsoid zu vergleichen pflegt. Mit Hilfe dieser Hypothese erhält man:

$$W = -I^2 \int\int \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{r} dS_1 dS_2.$$

Das Integral des zweiten Gliedes wird jetzt Funktion nur von den Parametern, welche die wechselseitige Lage der beiden dielektrischen Kreisscheiben feststellen, oder Funktion von δ. Es folgt daraus, wie oben festgestellt ist, dass der Moment $M = \frac{dW}{d\delta}$ der Stossungskraft zwischen jedem Scheibchenpaar von der Form $M = I^2 \Phi(\delta)$ ist.

Die Bestimmung der Funktion Φ (δ) kann man experimentell, von einem konstanten Faktor abgesehen, ausführen, indem man das polarisierende elektrische Feld unverändert hält und δ dadurch verändert, dass man den gradierten Kopf, der die Aufhängung trägt, um kekannte Winkel dreht. Man kann auch zur Bestimmung des konstanten Faktors vorschreiten; ich unterlasse es jedoch, die übrigens ganz einfachen Operationen zu beschreiben, die zu dieser Bestimmung führen, um nicht in einen Gegenstand herein zu geraten, den ich nächstens ausführlich zu behandeln gedenke. Ich möchte nur bemerken, dass meine Wage, da diese Bestimmung möglich ist, sich zur Messung der dielektrischen Konstante jeglicher Substanz, von der man vier gleiche Fragmente haben kann, geeignet ist.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 7. Oktober 1901.)

Über eine kürzlich entdeckte Erscheinung, welche durch stehende Schallwellen hervorgerufen wird.[1])

Von Bergen Davis.

Dieser Aufsatz soll einen Beitrag zur Aufklärung einer neuen Erscheinung liefern, welche zum ersten Male beschrieben wurde im Amerik. Journ. of science **10**, 231, 1900, und wovon ein Auszug in der Physikalischen Zeitschrift **2**, 348, 1901 erschienen ist.

Wie früher mitgeteilt, hat der Verfasser gefunden, dass ein kleiner, an einem Ende geschlossener Hohlcylinder, wenn er in eine stehende Schallwelle eingeführt wird, das Bestreben hat, sich quer zur Welle senkrecht zu den Stromlinien in der Richtung des geschlossenen Endes zu bewegen.

Eine lange Orgelpfeife wurde gebaut, deren eine Seite von Glas war, und welche einen verschiebbaren Verschluss hatte, durch den man die Länge der Welle nach Belieben verändern konnte. Die Pfeife hatte 6,7 × 5,5 cm im Querschnitt und eine Mundöffnung von 3 cm Höhe. Eine dünne Gummimembran war quer durch die Pfeife, 16 cm von der Mundöffnung entfernt, angebracht. Die Pfeife wurde so angeblasen, dass sie auf ihren ersten Oberton ansprach. Der Verschluss wurde in solche Lage gebracht, dass der Wellenknoten mit der Membrane zusammenfiel, so dass der Teil der Pfeife zwischen Membran und Verschluss eine halbe stehende Wellenlänge umfasste. In diesen geschlossenen Raum wurden nacheinander andere Gase als Luft eingeleitet. Wenn ein anderes Gas als CO_2 oder Wasserstoff eingeleitet war, ward der Verschluss so verschoben, dass die Tonhöhe dieselbe blieb. Eine Hilfspfeife diente dazu, den Ton festzuhalten.

Der Teil der Pfeife hinter der Membran enthielt so immer eine halbe Wellenlänge, während der Wellenteil zwischen Membran und Mundöffnung in seiner Gestalt nicht verändert wurde. Die Lage von Mundöffnung und

1) The Physic. Review **13**, 31, 1901.

Membran blieb konstant, was für ein Gas auch angewendet wurde. Die Kraft mit welcher die Cylinder sich zu bewegen strebten, wurde mit Hilfe einer Torsionswage gemessen. Durch eine geeignete mechanische Vorrichtung konnte man diese Torsionswage in jeden gewünschten Punkt der Schallwelle einführen. Die halbe Wellenlänge in Luft war 54 cm, bei Anwendung anderer Gase ungefähr umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus ihren Dichten.

Drei von den angewendeten vier kleinen Cylindern waren hergestellt aus Gelatinekapseln, wie sie zu medizinischen Zwecken verwendet werden; die vierte, grösste, war aus Papier gemacht.

Die Dimensionen dieser Cylinder sind in Tabelle I gegeben.

Tabelle I.

	Durchmesser cm	Querschnitt qcm	Länge cm
Nr. 5	0,421	0,14	1,3
Nr. 2	0,575	0,26	3,1
Nr. 00	0,794	0,495	3,1
Papiercylinder	1,15	1,04	3,1

Diese Cylinder wurden nacheinander an dem Arm der Drehwage befestigt mitten in dem Bauche der Schallwelle, und dann wurde die Pfeife unter verschiedenem Drucke angeblasen, welcher an einem Quecksilbermanometer abgelesen werden konnte. Die gewonnenen Ablesungen sind in folgender Tabelle enthalten, nachdem sie auf die gleiche Flächeneinheit $= 1$ cm^2 umgerechnet wurden.

Tabelle II.

	Grade der Ablenkung.			
bei Druck von	Cyl. Nr. 5	Cyl. Nr. 2	Cyl. Nr. 00	Papiercylinder
1½	20	22	10	86
2	66	64	89	46
3	198	215	320	176
4	362	306	410	354
5	460	409	550	620
6	530	500	690	630
7	644	610	750	745
8	715	714	830	820
9	811	780	920	969
10	862	834	1000	1090
11	898	891	1030	1220
12	925	907	1055	1318
13½	928	923	1080	1360
15	927	923	1060	1260
16	Oberton.			

Es ist zu erkennen, dass für niedrige Drucke die kleinen Cylinder am meisten erregt werden. Der Cylinder Nr. 00 zeigte die grösste Erregung für mittlere Drucke, während der Papiercylinder bei den höchsten Drucken am stärksten erregt wurde.

Die Verschiedenheit der Erregung längs der Welle wurde folgendermassen bestimmt. Zwei Cylinder No. 2 wurden angewendet und die Angaben in dem Zwischenraume von Knoten zu Knoten gewonnen. Die Abstände wurden auf einer längs der Pfeife angebrachten Centimeterskala abgelesen, deren Nullpunkt mit der Membrane zusammenfiel. Die Pfeife wurde mit einem gleichmässigen Drucke von 3 cm Quecksilbersäule angeblasen. Die Resultate giebt die folgende Tabelle.

Tabelle III.

Platz längs der Pfeife.	Ablenkung.
0	0
6	36
11	79
16	148
21	185
25	194
27	198
29	190
32	173
35	145
39	102
42	73
48	25
54	0

Diese Tabelle ist graphisch dargestellt in Fig. 1.

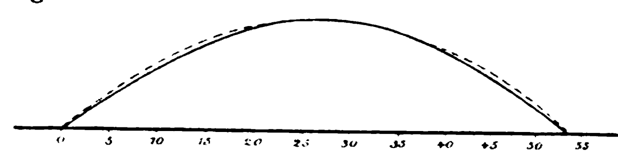


Fig. 1.

Die Abszissen sind die Stellungen längs der Welle und die Ordinaten sind die Quadratwurzeln aus den Ablenkungen. Die vollausgezogene Linie ist die beobachtete Kurve und die gestrichelte Linie ist eine Sinuskurve. Die Übereinstimmung ist so genau, dass man sagen kann, die Quadratwurzeln der Ablenkungen sind proportional den Schwingungselongationen.

Die Verminderung in der Torsionskraft mit dem Drucke des Anblasens wurde beobachtet, als der geschlossene Raum der Pfeife mit verschiedenen Gasen gefüllt wurde. Die Gase wurden nacheinander in die Pfeife eingelassen und der Verschluss in jedem Falle so verschoben, dass die Pfeife im Einklang mit der anderen Pfeife tönte, welche den Normalton angab. Die Schallwelle in CO_2 war kürzer, die im Leuchtgas etwas länger, hingegen die im Wasserstoffgas viel länger als die in gewöhnlicher Luft.

Bei den Versuchen mit Wasserstoffgas wurde infolge der kleinen Anblasedrucke ein Wassermanometer angewendet und dessen Angaben hinterher auf die entsprechenden Werte eines

Quecksilbermanometers umgerechnet. Die erzielten Daten sind in Tabelle IV aufgeführt.

Tabelle IV.

Angew. Druck.	Grade der Ablenkung in			in Wasserstoff	
cm	Luft.	Leuchtgas.	CO_2.	Druck. cm	Ablenkung.
1	9	5	12	1,22	1,3
1½	69	45	90	1,47	3,8
2	195	120	290	1,62	10,9
	u. s. f.			u. s. f.	
14	1500	Oberton	1260	2,50	Oberton.
15	1570		1250		
16	Oberton		1350		
	u. s. f.				
22			Oberton.		

Diese Tabelle ist graphisch wiedergegeben in Fig. 2, mit dem Anblasedruck als Ordinaten

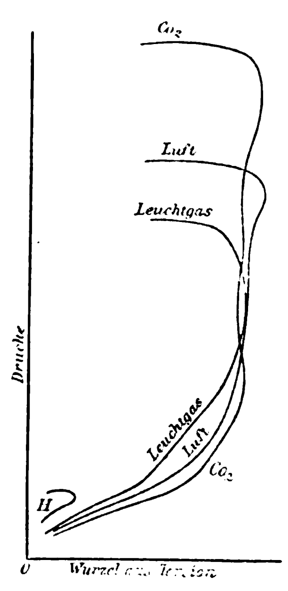


Fig. 2.

und den Quadratwurzeln der Ablenkungen als Abszissen. Weil nun die Amplituden der Schwingungen direkt proportional den Quadratwurzeln aus der Ablenkung sind, stellen die Kurven die Beziehungen zwischen Anblasedruck und Schwingungsamplituden in den verschiedenen Gasen dar.

Die Energie, mit welcher die Pfeife angeblasen wurde, war proportional dem Quadrate des Druckes. Die Energie des Tones ist proportional dem Quadrate der Schwingungamplitude.

In Fig. 3 ist dargestellt die Beziehung zwischen dem Quadrate des Anblasedrucks und der Ablenkung in den verschiedenen Gasen. Dieses sind die Wirkungsgradkurven der Orgelpfeife. Die Ordinaten stellen dar die Energie, welche in die Pfeife geblasen wurde, und die Abszissen die Energie, welche in Schall verwandelt wurde. Der Druck des Maximums des Wirkungsgrades (der Druck an der

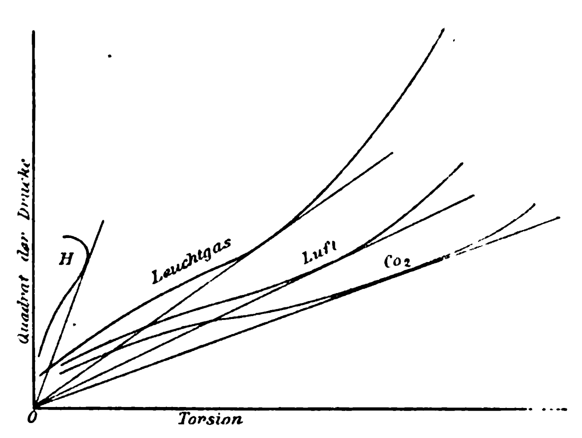


Fig. 3.

Berührungsstelle der Tangenten) ist nahezu derselbe für alle Gase.

Die Ablenkungen bei diesem Drucke des Maximums des Wirkungsgrades sind in folgender Tabelle wiedergegeben, die Angaben für Luft und ebenso deren Dichte als Einheit genommen:

Tabelle V.

	Ablenkung.	Dichte des Gases.
Luft	1	1
CO_2	1,53	1,52
Leuchtgas	0,71	0,75
Wasserstoff	0,153	0,069

Bei anderen Anblasedrucken war die Ablenkungskraft nicht proportional den spezifischen Gewichten.

Die Kraft, die auf den Cylinder wirkt, hat ihren Ursprung in der Beziehung, welche zwischen der Geschwindigkeit, dem Drucke und dem spezifischen Gewicht eines Gases besteht. Bernouillis Gleichung bestimmt für diesen Fall

$$\int \frac{dp}{\varrho} = R - \tfrac{1}{2}\, U^2.$$

R kann in diesem Falle vernachlässigt werden, und durch Substitution der adiabatischen Gasgleichung und Integration wird folgende Gleichung erhalten:

$$U^2 = 2\,\frac{p_2 - p_1}{\varrho}.$$

P_2 und p_1 sind die Drucke innen und aussen am geschlossenen Ende des Cylinders. Die Kraft, welche durch die Drehwage gemessen wurde, ist eine Durchschnittszahl aller momentanen Werte, welche aus der Geschwindigkeit U resultieren; daher wird die Kraft nicht den Durchschnittswert von U direkt angeben. Um die Schwingungsamplitude zu erhalten, bezeichnen wir mit A das Maximum des Ausschlags und mit x den Ausschlag zur Zeit t, dann ist

$$x = A \cos nt, \text{ und}$$

$$\frac{dx}{dt} = U = -A\,n\,\sin nt, \text{ also}$$

$$p_2 - p_1 = \frac{\int {}^1\!/_2\,\varrho\,n^2 A^2 \sin nt \cdot dt}{\int dt},$$

woraus

$$A = \frac{T}{\pi}\sqrt{\frac{p_2 - p_1}{\varrho}}.$$

Die Maximalkraft, in Luft erhalten, war 68,25 Dymen auf den Quadratcentimeter. Die Schwingungszahl der Pfeife war 338 in der Sekunde, also $A = 0{,}216$ cm. Der Gesamtausschlag der Luftteilchen betrug $2A = 0{,}432$ cm.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Karstens.)

(Eingegangen 22. Oktober 1901.)

Über die Zähigkeit einiger Lösungen, welche sich aus organischen Substanzen zusammensetzen.

Von C. Schall.

Der Koeffizient der inneren Reibung derartiger Lösungen ist bisher weit weniger als derjenige wässriger untersucht worden und meistens nur in Bezug auf die bekannte Mischungsregel.

Bezeichnet ϑ die Temperatur, η den Reibungskoeffizienten eines derartigen Lösungen zugehörigen Lösungsmittels und hat man $\eta = f(\vartheta)$ (1), so gilt nach G. Jäger (Wien. akad. Ber. B CIII, Abt. IIa, 245), wenn Δ die Gefrierdepression einer mittels des Lösungsmittels bereiteten Lösung bedeutet, zunächst $\eta_\Delta = f(\vartheta + \Delta)$ (2). Aus theoretischen Vorstellungen heraus wird aus (1) und (2) die Ungleichung

$$\eta - \eta_\Delta \begin{matrix} = \\ < \end{matrix} f'(\vartheta) - \frac{\Delta^2}{2} f''(\vartheta) - \frac{\Delta^3}{3} f'''(\vartheta) - \ldots \quad (3)$$

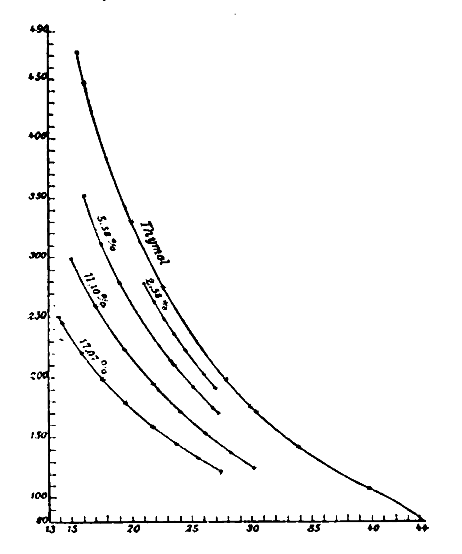
abgeleitet. Eine 8,419%ige wässrige Jodkaliumlösung mit $\Delta = 2{,}000^0$ ergab nach (3) für letzteres folgende Werte, unter Einsetzung (hier und weiterhin) der, auf gleiche Druckwerte reduzierten Ausflusszeiten für η und η_Δ.

ϑ	5⁰	10⁰	15⁰	20⁰	25⁰	30⁰	40⁰	50⁰
Δ[1])	2,04⁰	1,72⁰	1,29⁰	1,09⁰	1,67⁰	1,50⁰	2,00⁰	0,56⁰

Ähnlich verhielten sich andere Salze.

Lösungen aus organischen Substanzen (ev. mit Wasser als Komponente) und mit hinreichend grossem Reibungskoeffizienten des Lösungsmittels gegenüber dem Gelösten ergaben andere Resultate. — Unter Verwendung der Brodmann'schen Formel (Wied. Ann. N. F. **48**, 188) als Gl. (1) S. 1 für $5{,}9 = u$% Wasser aufweisendes Glyzerin[2]) und vorausgesetzt,[1]) dass für ein y% mehr oder weniger Wasser und dazu noch x% Methyl- (oder Äthylalkohol oder Aceton) enthaltendes Glyzerin gelte $\eta_\Delta = f(\vartheta_1 \pm \Delta y + \Delta x) = f(\vartheta_1 \pm \Delta z)$, fand ich (mit Van Rijn) eine, im Vergleich zu den Δ-Werten der eben angeführten Tabelle, unerwartete Konstanz der Δz.[2])

Es sollten ferner Lösungen in unterkühltem Thymol untersucht werden, indem für letzteres nach Brodmann oder nach Slotte gebaute Formeln die Abhängigkeit der betreffenden Reibungswerte von der Temperatur auszudrücken erlaubten. Unter Verwendung eines Ostwald-schen Apparates, mit welchem schon Guye und Friedrich (Bull. soc. chim. Paris (3) **19**, 164) Werte von η in sehr guter Übereinstimmung



mit den von Thorpe und Rodger gefundenen Zahlen erhielten, wurden die auf gleichen Druck reduzierten Durchflusszeiten bestimmt. Weitere, diesbezügliche Angaben sind schon veröffentlichten Untersuchungen über 4,06%ige Lösung von Äthylvalerat und 5,58%ige von Amylpropionat in Thymol zu entnehmen.[3]) Erstere ergab:

ϑ	15,61⁰	18,45	21,17	21,23	24,50	27,50	30,10	32,95	36,20	39,65
Δ	2,58⁰	2,50	2,55	2,57	2,54	2,64	2,59	2,53	2,48	2,50.

Das arithmetische Mittel der Δ beträgt 2,548⁰, während sich auf Grund der, aus der Schmelzwärme zu 85⁰ ermittelten und experimentell zu 83⁰ gefundenen, molekularen Gefrierdepressionen für Thymol[4]) 2,66⁰ bez. 2,59⁰ berechnen.

Amylpropionat, für welches sich die Erniedrigung des Erstarrungspunktes in Thymol über-

---

1) Früher gegebene Werte (Zeitschr. phys. Chem. **23**, 330) durch Interpolation ermittelt.

2) So dass $\eta = f(\vartheta + \Delta u) = f(\vartheta_1)$.

---

1) Auf Grund der Theorie der Lösungen.

2) l. c. **23**, 329.

3) l. c. **29**, 423; z. B. auch die Reinheit der benutzten Präparate.

4) W. Nernst, Theor. Chem. II. Aufl., 152; Eykuan l. c. **4**, 497.

einstimmend mit den soeben erwähnten, molekularen Werten fand, zeigte bezüglich der Reibung wie angegeben, untersucht für 2,58 — 5,58 — 11,10 — 17,07 %ige Lösungen in erwähntem Phenol:

										Ber. aus mol. Gefr. Depr.
ϑ	20,80°	21,70	22,60	23,50	24,40	25,60	26,94			
Δ	1,53°	1,50	1,48	1,48	1,42	1,42	1,47			1,52° und 1,49°
ϑ	15,75°	18,29	19,10	20,91	23,33	23,50	25,13	26'79	27,26	
Δ	3,25°	3,17	3,17	3,12	3,15	3,16	3,15	3,17	3,16	3,29° „ 3,22°
ϑ	14,75°	16,93	19,25	21,70	23,94	26'05	28,10	30,09		
Δ	6,52°	6,53	6,45	6,40	6,33	6.28	6,22	6,06		6,55° „ 6,40°
ϑ	13,72°	14,03	15,74	17,64	19,47	21,74	23,63	25,48	27,30	
Δ	10,36°	10,38	10,34	10,09	10,05	9,89	9,82	9,70	9,57	10,08° „ 9,84°

Mit steigender Temperatur nehmen die Δ deutlich ab. Nach diesen Versuchen, denen sich schon veröffentlichte mit 5,04 und 9,4 %iger Amylpropionat- und 3,70 %iger Äthylacetatlösung anfügen, welche zum Teil bis zu 48,6° geführt sind, kann man schliessen, dass innerhalb eines bestimmten Temperaturintervalls für Ester in Thymol mit einer gewissen Annäherung Gl. (2) — gelten wird, Ungl. (3) sich in eine Gleichung umwandelt.

Löst man andere Körper als Ester, von gleichfalls geringer Reibung gegenüber der des Thymols, in letzterem, z. B. Toluol (3,94 %) oder ausgefrorenes Nitrobenzol (7,74 bez. 15,42 %), so erhält man hinsichtlich des ersteren eigentümlicherweise Δ um etwas mehr als $^1/_3$ des berechneten Wertes grösser, aber sehr konstant bez. ϑ, so dass Gl. (2) und (3) ungültig sind. Da Toluol und Thymol jedes den Benzolkern und eine Methylgruppe in der Molekel aufweisen, so kann indessen hier an eine Einwirkung des Gelösten auf das Lösungsmittel gedacht werden. Eine noch eingehender auszuführende Gefrierpunktsbestimmung deutete in der That auf ein etwas unregelmässiges Verhalten. — Die Nitrobenzollösungen, in letzter Hinsicht noch nicht untersucht, zeigten auf Grund der Durchflusswerte ein etwas zu kleines Δ gegenüber dem berechneten. — Löst man aber umgekehrt Thymol (4,42 % und 9,48 %) in gereinigtem Nitrobenzol, so ergiebt sich, unter Zugrundelegung der mol. Depression (70,7° bez. 69,5° l. c.) des letzteren wiederum eine ähnliche Übereinstimmung zwischen den beiden Δ (der Gefrierpunktserniedrigung und der reduzierten Durchlaufszeit) wie bei den Estern. Da in diesem Falle die Zähigkeit der Lösung Thymol in Nitrobenzol grösser ist als diejenige des Solvens Nitrobenzol (also umgekehrt wie bei den Estern), so wurde in Gl. (2) das Δ mit negativem Vorzeichen versehen.

Eine graphische Versinnbildlichung der mit Amylpropionatlösungen erhaltenen Resultate zeigt Fig. 1 (ϑ-Werte als Abszissen, die gleichem Drucke entsprechenden Zeiten als Ordinaten).

Zürich, phys. chem. Laborat. d. Universität.

(Eingegangen 22. Oktober 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

W. Nernst (Göttingen), Über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorien für die Chemie.[1])

Die elektromagnetische Lichttheorie hat einen in jeder Hinsicht bündigen Beweis dafür geliefert, dass die Erscheinungen des Lichtes, die man ja bekanntlich seit langem auf Wellenbewegungen zurückführt, ihrem Wesen nach elektrische Phänomene sind, oder dass mit anderen Worten ein prinzipieller Unterschied zwischen den Lichtschwingungen und den elektrischen Schwingungen nicht besteht. Damit ist nun in der That die Optik geradeso ein Spezialkapitel der Elektrizitätslehre geworden, wie es der Magnetismus seit langem war. Die Frage nach dem Wesen der Elektrizität bleibt trotzdem aber im grossen und ganzen dieselbe, wie vorher.

Wenn in der anschaulichen Sprache der Atomistik die Chemie als die Wissenschaft von der Bildung der Moleküle überhaupt aus den Atomen und von ihrem Zerfall in die Atome bezeichnet werden kann, so beschäftigt sich die Elektrochemie mit dem Werden und Vergehen elektrisch geladener Moleküle, die man nach Faraday kurzweg als Ionen bezeichnet, da nun in zahlreichen chemischen Reaktionen die Ionen eine bereits klar erkannte Rolle spielen und da in vielen anderen ihre Mitwirkung, wenn auch noch nicht sicher, so doch wahrscheinlich ist, so springt die Bedeutung der Elektrizitätslehre auch für

1) Zweite allgemeine Sitzung, Freitag 27. Septbr. 1901.

die reine Chemie, nicht nur für die Elektrochemie in die Augen; alle elektrischen experimenmentellen Methoden und alle theoretischen Erwägungen aus der Elektrizitätslehre, die auf die Ionen Anwendung finden, sind der Chemie bereits von Nutzen oder können es werden.

Nun ist es eine wichtige Erfahrungsthatsache, dass gerade das Wasser zahlreiche gelöste Stoffe in Ionen zu spalten vermag; dadurch ist dies Lösungsmittel für die Elektrochemie nicht nur, sondern für die Chemie überhaupt von der allergrössten Bedeutung. Es ist übrigens kaum daran zu zweifeln, dass auch die fundamentale Rolle des Wassers im thierischen und pflanzlichen Organismus auf verwandte Ursachen zurückzuführen ist. Wahrscheinlich hängt das eigenartige Verhalten des Wassers mit seiner hohen Dielektrizitätskonstante zusammen, welche in der That diesem Lösungsmittel eine ganz besondere Stellung zuerteilt. Jedenfalls ist es von vornherein klar, dass in den experimentellen Methoden der Elektrochemie die wässerigen Lösungen die vielseitigsten und bequemsten Versuchsobjekte sind.

Wenn wir also nunmehr dazu übergehen wollen, die wichtigsten elektrischen Methoden der Chemie kurz zu charakterisieren, so wissen wir bereits, dass es sich hierbei immer um Ionen handeln wird. Bei der Behandlung dieser Frage ergab sich nun das von vornherein anschauliche Resultat, dass bei der Untersuchung der Ionen alle Methoden anwendbar sind, die über den Bau der gewöhnlichen elektrisch neutralen Moleküle uns zu unterrichten sich eignen; man kann Molekulargewichtsbestimmungen und Konstitutionsbestimmungen an den Ionen genau so ausführen, wie an den gewöhnlichen Molekülen. Dazu aber treten als neu und eigenartig diejenigen Methoden hinzu, welche sich an die elektrische Ladung der Ionen wenden, und dieses sind eben die elektrischen Methoden der Chemie. Ich glaube, dass der vorstehende einfache Satz die vollständige Systematik der elektrochemischen Forschungsmethode enthält.

Wenn wir also z. B. ein Salz in wässeriger Lösung untersuchen wollen, so werden wir zunächst durch Anwendung der van't Hoff-Avagadroschen Regel das Molekulargewicht bestimmen können; hierdurch allein werden wir in vielen Fällen, wie Arrhenius, der Begründer der modernen Anschauung über die elektrolytische Dissoziation, zuerst gezeigt hat, über Menge und Art der Ionen, in welche das Salz zerfallen ist, Auskunft erhalten, besonders wenn wir damit das Heranziehen chemischer Analogien verbinden; in den meisten Fällen sind ja, wie Hittorf schon in seinen klassischen Arbeiten nachwies, die chemischen Radikale mit den Ionen identisch, und über die Natur dieser Radikale giebt das allgemeine chemische Verhalten des Salzes in der Regel hinreichenden Aufschluss. Wie schon bemerkt, stehen uns aber auch spezifisch elektrische Methoden zur Verfügung, und indem wir einerseits von der Thatsache Gebrauch machen, dass die Ionen unter dem Einfluss elektrischer Kräfte zu wandern vermögen, und dass andererseits die elektromotorische Kraft zwischen Metall und der Lösung durch Natur und Menge von Ionen bestimmt wird, gewinnen sowohl Messungen der elektrischen Leitfähigkeit wie solche der elektromotorischen Kraft ihre Bedeutung auch für die rein chemische Forschung.

Dank den Arbeiten von Friedrich Kohlrausch ist die Bestimmung der Leitfähigkeit von Lösungen zu einem hohen Grade von Einfachheit und Sicherheit gebracht worden. Ein kleines Induktorium, eine Wheatstonesche Brücke, ein Widerstandskasten, ein Telephon und ein mit Elektroden versehenes Glasgefäss bilden das ganze physikalische Rüstzeug, dessen man zur Bestimmung der Leitfähigkeit bedarf. Einen umfassenden Überblick über die Anwendungen dieser Methode für die Chemie ist hier zu geben nicht der Ort; aber an einem Beispiele, das durch die Arbeiten von Ostwald hervorragende Wichtigkeit gewonnen hat, möchte ich wenigstens ihr Wesen veranschaulichen.

Dass in wässeriger Lösung die verschiedenen Säuren sehr verschiedene Stärke besitzen, ist eine längst bekannte chemische Thatsache; ihre wissenschaftliche Formulierung gelang jedoch erst in neuerer Zeit mit Hilfe der Ionentheorie und der Lehre von der chemischen Massenwirkung. Alle Säuren liefern nämlich in Wasser aufgelöst eine mehr oder minder grosse Menge der positiv geladenen Wasserstoffionen; die allen Säuren gemeinschaftlichen und daher spezifisch sauren Reaktionen sind nun eben Reaktionen des Wasserstoffions. Nach dem Gesetze der chemischen Massenwirkung aber reagiert eine Molekülgattung, gleichgültig, ob elektrisch neutral oder geladen, um so energischer, je höher ihre Konzentration ist, und somit ergiebt sich einfach, dass eine Säure um so stärker spezifisch sauer reagiert, je mehr Wasserstoffionen sie enthält. Da man nun mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit am einfachsten und genauesten die Menge der Wasserstoffionen einer in Wasser gelösten Säure ermitteln kann, so erkennen wir, wie die Messung der elektrischen Leitfähigkeit uns über die Stärke einer Säure und somit über eine wichtige Seite ihres chemischen Verhaltens Aufschluss giebt.

In komplizierteren Fällen, besonders bei der Untersuchung der sogenannten komplexen Salze, tritt der Leitfähigkeitsmessung die Untersuchung der Ionenwanderung ergänzend an die Seite; indem man die zu untersuchende Lösung elektrolysiert und die mit der Verschiebung der Ionen verbundenen Konzentrationsänderungen an den Elektroden bestimmt, lässt sich die Frage ent-

scheiden, ob ein Element oder Radikal mit dem Strome oder dem Strome entgegen wandert; in ersterem Falle befindet es sich in einem positiven, im zweiten Falle in einem negativen Ion. Bereits Hittorf zeigte bei seinen grundlegenden Messungen der Überführungszahlen, dass auf diesem Wege häufig die Frage leicht entschieden werden kann, ob man ein typisches oder ein sogenanntes komplexes Salz vor sich hat.

Während die Leitfähigkeit einer Lösung durch die Summe der Leitfähigkeiten aller darin vorhandenen Ionen bedingt wird, und somit, besonders in komplizierten Fällen, in denen eine grössere Anzahl verschiedener Ionen in der Lösung vorhanden ist, die Deutung der Versuchsergebnisse nicht ganz einfach wird, liefert die Bestimmung der elektromotorischen Kraft die Menge von einer ganz bestimmten Ionenart, weil die Spannung der Elektroden ausser von ihrer eigenen Beschaffenheit in wässerigen Lösungen nur noch von der Konzentration der Ionenart abhängt, welche die betreffende Elektrode in die Lösung entsendet. Der Apparat, der für die Ausführung dieser Messungen erforderlich ist, bietet in seiner Handhabung ebenfalls, wie bei der Messung der Leitfähigkeit, keine besonderen Schwierigkeiten; ein empfindliches Galvanometer oder Elektrometer, ein Normalelement und ein Widerstandskasten sind in den meisten Fällen zur Ausführung der Messung vollkommen ausreichend.

Bestimmen wir also etwa die elektromotorische Kraft eines Silberdrahtes gegen eine Lösung, so vermag diese Messung uns Aufschluss zu geben über die Menge der Silberionen, die in der Lösung vorhanden sind, und zwar liegt es in der Natur der Formel, welche die elektromotorische Kraft und die Konzentration der Silberionen verbindet, dass die prozentische Genauigkeit unabhängig von der Menge der in der Lösung vorhandenen Silberionen ist. Man ist daher in der Lage, Konzentrationen von einer Kleinheit noch relativ sicher zu bestimmen, wie sie wohl auf keinem anderen Wege, z. B. auch nicht durch die Hilfsmittel der Spektralanalyse unter den günstigsten Bedingungen, gemessen werden können.

Auch hier muss ich mich darauf beschränken, an einem Beispiele die Anwendbarkeit dieser Methode zu erläutern. Das Wasser ist in reinem Zustande ein fast völliger Nichtleiter der Elektrizität; es ist mit andern Worten nur zu einem äusserst kleinen Bruchteile in seine Ionen, das Wasserstoffion und das Hydroxylion, zerfallen. Da von diesen Ionenarten das eine für die Säuren, das andere für die Basen typisch ist, so ist das Wasser gleichzeitig saurer und basischer Natur, d. h. es ist gleichzeitig eine schwache Säure und eine schwache Basis. Für zahlreiche chemische Reaktionen des Wassers war es nun von Wichtigkeit, die Stärke der sauren und der basischen Funktionen des Wassers kennen zu lernen, und es mussten zu diesem Zwecke die sehr kleinen Mengen von Wasserstoffionen bestimmt werden, die in einer neutralen oder besser alkalischen Lösung vorhanden sind. Ostwald und Arrhenius lösten gleichzeitig und unabhängig diese Aufgabe, indem sie die elektromotorische Kraft einer mit Wasserstoff beladenen Platinelektrode, die lediglich von der Konzentration der Wasserstoffionen abhängt, bestimmten und daraus die gesuchte auserordentlich kleine Konzentration der Wasserstoffionen ermittelten. —

Die bisher besprochenen elektrischen Methoden sind gleichsam Sonden, die der Forscher an chemische Verbindungen anzulegen und mit Hilfe deren er sie sozusagen abzutasten vermag. Die Elektrizität giebt aber auch Mittel an die Hand, durch die man, wie mit einem scharfen Werkzeuge, die chemischen Verbindungen zerschneiden kann; dieses Hilfsmittel ist das erste, das die elektrochemische Forschung erbracht hat, nämlich die Elektrolyse. Vermöge der elektrolysierenden Kraft des galvanischen Stromes ist man ja im stande, auch die festesten Verbindungen mit Leichtigkeit in ihre einfacheren Bestandteile aufzulösen.

Der Mechanismus der Elektrolyse ist überaus einfach und durchsichtig; ein Strom, der einen Elektrolyten durchfliesst, führt die positiven Ionen zur einen, die negativen Ionen zur anderen Elektrode, und zwar findet diese Wanderung der Ionen, wie schon oben auseinandergesetzt, unter dem Einfluss des elektrischen Zuges statt, der von den entgegengesetzt geladenen Elektroden auf die Ionen ausgeübt wird. Bei hinreichend starker Ladung der Elektroden, d. h. bei hinreichender elektromotorischer Kraft des elektrolysierenden Stromes gelangen die Ionen an beiden Elektroden zur Abscheidung; indem sie an die Elektroden ihre elektrische Ladung abgeben, gehen sie in gewöhnliche, d. h. elektrisch neutrale Moleküle über, welche dem elektrischen Zuge nicht mehr unterliegen und demgemäss entweichen können. Der eigentlich primäre Vorgang in der Elektrolyse ist also nichts anderes, als der Übergang elektrisch geladener Ionen in elektrisch neutrale Molekülarten, und die Arbeit, welche der Strom bei der Elektrolyse zu leisten hat, besteht also in erster Linie darin, den Ionen ihre elektrischen Ladungen zu entreissen, und zwar gleichzeitig den positiven Ionen ihre positive Elektrizität an der einen, den negativen Ionen ihre negative Elektrizität an der anderen Elektrode. Diese Arbeit ist nun aber um so grösser, je höher die an den Elektroden wirkende elektromotorische Kraft ist, und da wir letztere bei geeigneter Versuchsanordnung beliebig zu steigern im stande sind, so erkennen wir, dass kein Ion seine Ladung so stark zu binden vermag, dass wir nicht durch hinreichend

starken elektrischen Zug sie den Ionen zu entziehen imstande wären. Mit Hilfe des Stromes können wir dementsprechend die stärksten chemischen Kräfte überwältigen.

Während bei der Elektrolyse der galvanische Strom chemische Verwandtschaften löst, wird bei dem umgekehrten Phänomen, der galvanischen Stromerzeugung, chemische Energie in elektrische umgesetzt. Auch der Mechanismus dieser Vorgänge ist mit Hilfe der Ionentheorie und der Theorie des osmotischen Druckes in neuerer Zeit, wie ich glaube, klargestellt worden. Die Auflösung des Zinks z. B. in einem galvanischen Elemente ist im Prinzip ähnlich der Auflösung irgend einer beliebigen Substanz in einem Lösungsmittel; das Eigentümliche, was bei der Auflösung des Zinks noch hinzukommt, besteht lediglich darin, dass hier, wie bei den Metallen überhaupt, nicht elektrisch neutrale Moleküle in Lösung gehen, sondern dass es sich dabei um Ionen handelt. Dadurch aber ist notwendig mit der Auflösung des Zinks eine elektrische Verschiebung verbunden, die unter geeigneten Versuchsbedingungen als geschlossener galvanischer Strom in Erscheinung tritt.

Aber auch wenn man ohne besondere Vorkehrung Zink oder ein anderes Metall in Säuren löst, ist damit ein elektrischer Vorgang untrennbar verbunden; von dem Zink werden Zinkionen in die Säure entsandt, während gleichzeitig die chemisch und somit auch elektrisch äquivalente Menge von Wasserstoffionen umgekehrt aus der Lösung zum Zink übertritt, um nach Abgabe der Ladung als elektrisch neutraler Wasserstoff zu entweichen. Genau so, wie für die Elektrolyse die Spannungsdifferenz an den Elektroden massgebend ist, wird auch dieser chemische Prozess, wie in zahlreichen neueren Arbeiten gezeigt wurde, ausschliesslich durch die elektrische Potentialdifferenz zwischen Metall und Lösung bestimmt.

Der primäre Vorgang bei der Auflösung eines Metalls unter Wasserstoffentwicklung besteht also in der Abgabe der positiven Ladung des Wasserstoffions an das betreffende Metall. Leiten wir etwa Chlor in die Lösung eines Jodids, so wird gewöhnliches Jod in Freiheit gesetzt und das Chlorion tritt an die Stelle des Jodions; auch hier besteht der chemische Prozess also wesentlich in einer Dislokation einer elektrischen Ladung, und zwar handelt es sich bei diesem Beispiele um eine negative Ladung. Nach aussen verrät sich, wie es in der Natur dieser Erscheinungen liegt, die elektrische Natur dieser Prozesse nicht weiter; elektrostatische Ladungen oder galvanische Ströme treten dabei nicht auf. Wohl aber lässt sich die Richtung, in der solche chemischen Umsetzungen stattfinden müssen, aus den Ionenpotentialen ableiten.

Schon daraus, dass das Phänomen der Elektrolyse in der Spaltung selbst der festesten chemischen Verbindungen besteht, wird es klar, dass bei chemischen Verbindungen elektrische Kräfte eine wichtige Rolle spielen; im einzelnen haben wir überdies soeben gesehen, dass bei manchen chemischen Prozessen der primäre Vorgang in einer Dislokation elektrischer Ladungen besteht. Damit tritt denn zugleich die Frage an uns heran, ob nicht etwa die chemischen Kräfte überhaupt elektrischer Natur sind.

Ehe wir darüber Betrachtungen anstellen, inwieweit die Forschung in das äusserst hypothetische Gebiet der Natur der chemischen Affinität zur Zeit vorgedrungen ist, möchte ich kurz noch darauf eingehen, wie die chemische Affinität gemessen werden kann. Wenn zwei Substanzen bei ihrer Berührung in rasche chemische Wechselwirkung zu treten vermögen, so sagt man in der Regel, dass sie eine grosse chemische Affinität besitzen; dies ist einwandsfrei, aber keineswegs die Umkehrung dieses Satzes, dass nämlich Substanzen, die sich auch bei innigster Berührung gegeneinander indifferent verhalten, keine Affinität besitzen. Der Verlauf eines chemischen Prozesses ist zwar proportional der wirkenden chemischen Kraft, aber er hängt ausserdem auch noch von der Grösse der Widerstände ab, die im betreffenden Falle zu überwinden sind. Auch bei sehr grosser Affinität kann die Reaktionsgeschwindigkeit verschwindend klein sein, wofür ein Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff ein Beispiel bildet; trotz der grossen Affinität dieser Elemente bleiben sie bei gewöhnlicher Temperatur so gut wie vollkommen passiv, weil der zu überwindende chemische Widerstand sehr gross ist. Genau wie die Intensität eines galvanischen Stromes der wirkenden elektromotorischen Kraft direkt und dem entgegenstehenden elektrischen Widerstande indirekt proportional ist, so gilt für die rein chemischen Prozesse ein analoges Gesetz: die Reaktionsgeschwindigkeit ist der chemischen Kraft oder der chemischen Affinität direkt und dem chemischen Widerstand indirekt proportional. In einem galvanischen Elemente werden beide Gesetze, das Ohmsche Grundgesetz der elektrischen Ströme und das chemische Grundgesetz des Reaktionsverlaufs identisch, weil hier galvanischer und chemischer Widerstand zusammenfallen, die Reaktionsgeschwindigkeit nach Faradays Gesetz der Stromintensität gleich wird und die Kraft der chemischen Affinität des stromliefernden Prozesses in dem betrachteten galvanischen Elemente einfach seine elektromotorische Kraft ist. Ebenso aber wie das Ohmsche Gesetz auch auf elektrische Ketten Anwendung findet, in denen keinerlei chemische Prozesse sich abspielen, wie bei den Dynamomaschinen oder den Thermosäulen, so gilt das analoge chemische Grundgesetz auch bei Reaktionen,

in denen wie z. B. bei Verbrennungserscheinungen das Auftreten galvanischer Ströme nicht nachgewiesen und, wenn es sich lediglich um die Einwirkung zwischen elektrischen Isolatoren handelt, geradezu ausgeschlossen ist. Immerhin weist die grosse Ähnlichkeit der beiden besprochenen Gesetze bereits auf eine Beziehung zwischen chemischem Prozess und galvanischem Strome oder besser galvanischer Entladung hin.

Aus den vorstehenden Überlegungen ersehen wir bereits, dass die Bestimmung der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elementes uns gleichzeitig die Grösse der Affinität des betreffenden stromliefernden chemischen Prozesses liefert. Man kann letztere Grösse aber auch auf zahlreichen anderen Wegen ermitteln; wie nebenbei bemerkt sei, liefert jede Methode, die zur Kenntnis der maximalen Arbeitsleistung einer chemischen Umsetzung oder, wie man es auch ausdrückt, zur Bestimmung der damit verbundenen Änderung der freien Energie führt, gleichzeitig die chemische Affinität der betreffenden stofflichen Umsetzung. Die Messung der elektromotorischen Kraft ist aber die vielseitigste und genaueste Methode, und wir sehen also, wie auch hier wieder, wo es sich um die Messung einer der wichtigsten chemischen Grössen handelt, eine rein elektrische Methode an der Spitze steht.

Historisch wäre über die Frage nach der Natur der chemischen Verwandtschaft etwa folgendes zu bemerken. Bei der Beschäftigung mit der anorganischen Chemie zeigte sich in der Zusammensetzung zahlreicher chemischer Verbindungen ein deutlicher Dualismus; man konnte die Elemente und Radikale in zwei Kategorien teilen, die positiven und die negativen, und man fand, dass die positiven, wie die negativen Radikale je untereinander meistens relativ schwierig reagieren, dass aber ein stark positives mit einem stark negativen Radikale sich stets glatt zu einer wohl charakterisierten chemischen Verbindung vereinigt. Die Erkenntnis dieser Thatsache ist der bleibende Inhalt der elektrochemischen Theorie von Berzelius; dass der grosse Begründer der analytischen Chemie dies Verhalten der Elemente dadurch zu erklären suchte, dass er die eine Kategorie als in freiem Zustande positiv, die andere als negativ geladen ansah, eine Annahme, die gegen die Elemente der Elektrizitätslehre verstösst, ist im Grunde eine unwesentliche Zugabe zu seiner Theorie. Thatsächlich war es Berzelius auch wohl mehr darum zu thun, den von ihm so oft beobachteten Dualismus in den chemischen Verbindungen durch die Analogie mit den beiden Elektrizitäten anschaulich zu machen, als eine streng physikalische Erklärung der Wirksamkeit chemischer Kräfte zu liefern.

Nun entdeckte die aufblühende organische Chemie zahllose chemische Verbindungen, bei denen die einseitig dualistische Auffassungsweise vollkommen versagte, und so entstand die, wie man sich kurz ausdrückt, unitarische Theorie der Konstitution organischer Verbindungen, d. h. eine Valenztheorie, die sich um jenen Dualismus nicht kümmert.

Gegenwärtig kann man wohl sagen, dass eine rein unitarische Auffassungsweise der chemischen Verbindungen ebenso einseitig wäre, wie die rein dualistische Auffassungsweise von Berzelius; wir müssen eben annehmen, dass bei der Bildung chemischer Verbindungen sowohl einheitlich wirkende Kräfte zur Geltung kommen, wie es z. B. die von Masse zu Masse wirkenden Newtonschen Attraktionskräfte sind, als auch Kräfte polarer Natur thätig sind, wofür die elektrischen Kräfte das deutlichste Beispiel liefern.

Der von Berzelius erkannte Dualismus der chemischen Verbindungen lässt sich vom Standpunkte der Ionentheorie sehr einfach folgendermassen deuten. Diejenigen Elemente oder Radikale, welche aus chemischen Verbindungen als positive Ionen abgespalten werden, bilden die eine Kategorie, diejenigen, welche als negative Ionen auftreten, bilden die andere Kategorie der Elemente und Radikale. Es sind also nicht die freien Elemente oder Radikale elektrisch geladen, wie Berzelius annahm, sondern nach der Vereinigung von positiven und negativen Radikalen untereinander vermag das Molekül unter geeigneten Bedingungen sich in Ionen zu spalten, wobei dann die positiven Radikale positiv, die negativen Radikale negativ elektrisch geladen sind. Diese elektrische Spaltung offenbart sich am deutlichsten durch elektrolytische Leitfähigkeit und die damit verbundene Fähigkeit, unter dem Einfluss eines hinreichend starken elektrischen Zuges sich in die freien Radikale spalten zu lassen, gleichzeitig aber auch, worauf Hittorf zuerst hinwies, in dem leichten chemischen Austausche eines positiven gegen ein anderes positives und eines negativen gegen ein anderes negatives Radikal, oder, mit anderen Worten, in der glatten Bildung und gegenseitigen Umsetzung von Salzen; Hittorf drückte dies sehr prägnant durch den einfachen Satz aus: „Elektrolyte sind Salze".

Berzelius nahm, wie schon bemerkt, ferner an, dass der Grad der Positivität oder Negativität, wenn ich mich kurz so ausdrücken darf, durch die Stärke der elektrischen Ladung bestimmt sei; seit Faraday weiss man im Gegenteil, dass die elektrische Ladung, die ein einwertiges Ion oder Radikal mit sich führt, ganz unabhängig von der Natur und demgemäss auch von der Stärke dieses Radikales ist. Das äusserst stark positive Kaliumion ist genau so stark elektrisch geladen, wie das sehr schwach

positive Silberion, und das gleiche gilt auch für das äusserst stark negative Fluorion und das sehr schwach negative Jodion. Nicht in der Grösse der Ladung zeigt sich der Grad der Positivität oder Negativität, sondern in der Festigkeit, mit der diese Ladung gebunden wird. Dementsprechend kann, um bei den obigen Beispielen zu bleiben, Jodsilber bereits durch sehr geringe elektromotorische Kräfte in die freien Elemente gespalten werden, während Fluorkalium umgekehrt nur unter dem Einfluss eines sehr starken elektrischen Zuges in die Bestandteile zerfallen kann.

Der experimentelle Ausdruck der Thatsache, dass die verschiedensten einwertigen positiven oder negativen Radikale gleichstark elektrisch geladen sind, ist das Faradaysche elektrolytische Grundgesetz, wonach die gleiche Strommenge aus den verschiedensten Elektrolyten immer chemisch äquivalente Mengen in Freiheit setzt. Da nach allem, was wir darüber wissen, das erwähnte Gesetz mit grösster Exaktheit zutrifft, so kann die Thatsache, dass die verschiedenartigsten einwertigen Ionen die gleiche Elektrizitätsmenge binden, als sicher verbürgt gelten.

Was die mehrwertigen Ionen anlangt, so findet man, dass die zweiwertigen Elemente oder Radikale genau doppelt soviel, die dreiwertigen genau dreimal soviel Elektrizität binden, als die einwertigen u. s. w.

Diese höchst merkwürdigen Thatsachen lassen sich nun ungemein einfach und anschaulich deuten, wie schon Helmholtz in seiner Faraday-Rede (1881) angedeutet hat. Wenn wir an der stofflichen Natur der Elektrizität festhalten, wozu man, wie Helmholtz ebenda betonte, vollkommen berechtigt ist — und ich glaube nicht, dass sich seitdem hieran etwas geändert hat —, so sind die Ionen eine Art von chemischer Verbindung zwischen Elementen und Radikalen einerseits und der Elektrizität andererseits. Wenn nun ferner, wie wir schon sahen, die verschiedensten Elemente oder Radikale immer sich nur mit einer ganz bestimmten Quantität freier Elektrizität oder einem Multiplum davon verbinden, so kann man das am einfachsten durch den Satz ausdrücken: für die Verbindungen zwischen gewöhnlicher Materie und der Elektrizität gilt genau das gleiche chemische Grundgesetz, wie für die Verbindungen der gewöhnlichen chemischen Substanzen untereinander, nämlich das Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen.

Erinnern wir uns, dass vor etwa einem Jahrhundert die Entdeckung jenes chemischen Grundgesetzes Anlass zur Einführung der Atomistik in die exakte Naturwissenschaft gab und dass bis auf den heutigen Tag dieses Gesetz die sicherste experimentelle Unterlage jeder molekulartheoretischen Betrachtung geblieben ist. Ohne die atomistische Naturauffassung ständen wir diesem fundamentalen Naturgesetze völlig ratlos gegenüber, während es uns vom Standpunkte der Atomistik aus geradezu selbstverständlich erscheint.

Genau so liegt die Sache offenbar, wenn es sich um die Auffassung des obigen elektrochemischen Grundgesetzes handelt; denken wir uns die elektrischen Fluida als kontinuierlich, so bleibt es völlig unerklärlich, warum die verschiedensten Elemente und Radikale immer gerade eine ganz bestimmte Elektrizitätsmenge bilden oder gerade ein Multiplum davon. Sofort aber wird es zur notwendigen Konsequenz, wenn wir die Elektrizität als in einzelne Atome von unveränderlicher Grösse uns geteilt denken.

Hierdurch gelangen wir also sozusagen zu einer chemischen Theorie der Elektrizität, die wir zum Schluss noch kurz betrachten wollen. Ausser den bekannten chemischen Elementen hätten wir zwei neue anzunehmen, gebildet von den positiven und negativen Elektronen, wie man diese elektrischen Atome bezeichnet; diese Elemente sind chemisch einwertig, d. h. die Valenz eines einwertigen Elementes kann durch ein, die eines zweiwertigen Elementes durch zwei Elektronen gesättigt werden u. s. w. Das Atomgewicht dieser Elektronen kann für die Zwecke der Chemie als verschwindend klein angesehen werden. Forschungen auf ganz anderen Gebieten, die in erster Linie das Studium der Kathodenstrahlen betrafen, und worüber Herr Dr. Kaufmann, ein sehr erfolgreicher Bearbeiter dieses Gebietes, am letzten Mittwoch von dieser Stelle aus berichtet hat, haben es übrigens wahrscheinlich gemacht, dass das Atomgewicht der negativen Elektronen etwa $^1/_{2000}$ des Atomgewichtes des Wasserstoffes ist. Freilich ist die Frage noch offen, ob es sich hier um eine wirkliche Masse im gewöhnlichen Sinne handelt. Jedenfalls aber ist diese Grösse in der That bei chemischen Arbeiten verschwindend, insofern als etwaige durch die negativen Elektronen bedingte Gewichtsveränderungen innerhalb der unvermeidlichen Fehler auch der genauesten bisherigen chemischen Analysen liegen. Ob die positiven Elektronen, wie nicht unwahrscheinlich, das gleiche Atomgewicht haben, wissen wir nicht, weil man an diesen die den Kathodenstrahlen entsprechende Erscheinung noch nicht aufgefunden hat. Die Eigentümlichkeiten, welche diesen beiden Elementen zwischen allen anderen eine ganz entschiedene Ausnahmestelle verleiht, sind die von ihnen ausgehenden eigenartigen Kraftwirkungen, die von der Newtonschen Attraktion der gewöhnlichen Elemente und Verbindungen so vollkommen verschieden sind. Die Behandlung dieser Kräfte bildet eben den physikalischen

Teil der Elektrizitätslehre, die seit Coulomb und Ampère mit der Erforschung der Gesetze jener Kräfte sich beschäftigt hat. Dasjenige, was für die Chemie in Betracht kommt, nämlich die elektrolytische Leitung, die elektrolytische Zersetzung und die galvanische Stromerzeugung, habe ich in dem ersten Teile meines Vortrages besprochen, und wir haben dabei konstatiert, dass sich diese Erscheinungen in der That aus den elektrischen Grundgesetzen heraus anschaulich deuten lassen.

Wenn man fragt, warum denn diese beiden Elemente von polar entgegengesetztem Charakter eine solche Ausnahmestellung im Vergleich zu allen übrigen einnehmen, so kann man diese Frage allerdings mit gleichem Recht aufwerfen, aber ebensowenig beantworten, wie die: warum ist das Chlor gerade das Chlor, warum hat das Natrium gerade die Eigenschaften des Natriums u. s. w. Die Eigenschaften der Elemente können wir zur Zeit eben nicht ableiten, wir müssen sie einfach nehmen, wie sie sind. — Übrigens erinnert das gegenseitige Verhältnis der positiven und negativen Elektronen ein wenig, aber auch nur ein wenig, an das Verhältnis zwischen zwei optischen Isomeren.

Die Ionen sind, wie schon bemerkt, als chemische Verbindungen zwischen gewöhnlichen Atomen und Radikalen und den Elektronen aufzufassen, und zwar sind es gesättigte chemische Verbindungen. Wenn wir nämlich etwa im Chlornatrium das Natriumatom durch ein negatives Elektron substituieren, so bekommen wir das negative Chlorion; wenn wir das Chloratom durch das positiv geladene Elektron ersetzen, so bekommen wir das positive Natriumion. Man sieht also, dass die Ionen sich vollständig in das Schema der Substitutionstheorie einordnen, sobald wir die atomistische Auffassung der Elektrizität zu Hilfe nehmen. Gleichzeitig wird auch der gewaltige Unterschied zwischen freiem Chlor und dem Chlorion, zwischen freiem Natrium und dem Natriumion offenbar; denn genau so, wie das physikalische Verhalten des freien Chlors und des freien Natriums ganz anders ist, als wenn diese Elemente in einer chemischen Verbindung, wie etwa Chlornatrium, vorhanden sind, so wird ihr Verhalten durchgreifend durch die Verbindung mit den elektrischen Elementaratomen, d. h. durch den Übergang in den Ionenzustand, geändert.

Dass sich übrigens die Ionen in der That wie gesättigte Verbindungen verhalten, geht unter anderem auch aus folgender Thatsache hervor. Ausser den chemischen Verbindungen, die sich dem Schema der Valenztheorie unterordnen, giebt es auch sogenannte Molekülverbindungen; um hierfür ein Beispiel zu nennen, so vermag das Platinchlorid sechs Ammoniakmoleküle zu addieren. Es ist nun sehr bemerkenswert, dass die Ammoniakmoleküle durch Ionen ersetzbar sind, wie die Forschungen von Werner gezeigt haben, und dass also auch die Ionen in der Art und Weise, Molekülverbindungen zu bilden, sich vollkommen den gewöhnlichen gesättigten Verbindungen an die Seite stellen.

Es liegt nun die Frage nahe, ob sich die Substitution im Chlornatrium nicht noch einen Schritt weiter führen, d. h. ob sich nicht gleichzeitig das Natriumatom und das Chloratom durch ein negatives und ein positives Elektron substituieren lässt; das Resultat dieser Substitution wäre also eine Verbindung aus einem positiven und einem negativen Elektron. Wir hätten so ein elektrisch neutrales, masseloses oder wenigstens so gut wie masseloses Molekül. Über diese Verbindung und über die Rolle, die sie vielleicht in chemischen und elektrochemischen Prozessen spielt, wissen wir noch nichts Bestimmtes. Sollten diese Verbindungen wirklich existieren, und sollte es uns gelingen, ein Reagens darauf zu finden, um mich der chemischen Ausdrucksweise zu bedienen, so würde sich uns vielleicht eine neue Welt von Erscheinungen erschliessen; die Vermutung scheint mir jetzt schon unabweisbar, dass im Verhalten des Lichtäthers, jenes bis heute noch völlig hypothetischen Agens, diese Molekülgattung eine Rolle spielt.

Auf Grund dieser Anschauung können wir uns nun leicht ein klares Bild über das Verhältnis von dualistischer zu unitarischer Anschauungsweise verschaffen. Die verschiedenen Elemente (bez. Radikale) besitzen zu den positiven und negativen Elektronen verschiedene chemische Affinität; diejenigen Elemente, die zum positiven Elektron eine ausgesprochene Verwandtschaft zeigen, bilden die positive Gruppe von Elementen; entsprechend besitzen die negativen Elemente eine Verwandtschaft zum negativen Elektron. Ausserdem besitzen die verschiedenen Elemente untereinander eine chemische Affinität, die nicht polaren Charakters ist. Dementsprechend können, ohne dass die Elektronen eine Rolle spielen, zwei Atome eines Elementes eine feste chemische Verbindung eingehen; ich erinnere nur an die Festigkeit, mit der sich zwei Wasserstoffatome oder zwei Stickstoffatome untereinander zu einem Molekül vereinigen. Dasselbe gilt von vielen Verbindungen der Metalloide untereinander, wie Chlorjod, Schwefelphosphor u. s. w. Ebenso vermögen die Metalle untereinander zahlreiche Verbindungen einzugehen, bei denen wir ebenfalls gar keinen Anlass haben, auf eine Beteiligung von Elektronen zu schliessen. Der Kohlenstoff insbesondere, der einen Übergang zwischen den ausgesprochen positiven und den ausgesprochen negativen Elementen bildet, vermag mit beiden

Kategorien von Elementen zu reagieren, und da auch hier die Elektronen aus dem Spiele zu bleiben scheinen, so wird die Möglichkeit einer rein unitarischen Auffassungsweise bei den Kohlenstoffverbindungen verständlich.

Sobald aber ein positives und ein negatives Element miteinander reagieren, tritt die Fähigkeit der Ionenspaltung auf, d. h. mit diesem chemischen Prozesse ist eine Addition oder Aufspaltung eines masselosen elektrisch neutralen Moleküls verbunden; es scheint mir sehr bemerkenswert, dass diese Vorgänge mit einer viel durchgreifenderen Veränderung des gesamten Verhaltens verbunden sind, als diejenigen, bei denen eine Mitwirkung der Elektronen nicht stattzufinden scheint; denn während die Verbindungen der Metalle untereinander deutlich metallischen Charakter bewahren und die Verbindungen zwischen Metalloiden ebenfalls deutlich an das Verhalten ihrer Bestandteile erinnern, entsteht offenbar etwas ganz Neues und Eigenartiges, wenn ein Metall mit einem Metalloide reagiert. Eine Substanz wie Chlornatrium, weist gegen ihre Komponenten die denkbar grössten Verschiedenheiten auf, wie auch bei der Bildung solcher Verbindungen offenbar ganz besonders mächtige chemische Kräfte mitwirken.

Natürlich scheint es nicht unmöglich, dass auch bei den nicht polaren Wechselwirkungen elektrische Kräfte im Hintergrunde sich befinden, wie man ja auch jetzt schon vielfach hofft, die Newtonsche Attraktion, ähnlich wie es mit der Optik gelang, auf elektrische Phänomene zurückführen zu können. Das ist aber doch lediglich Sache der Zukunft; zur Zeit wird man gut daran thun, die Kräfte polarer Natur sorgfältig von den unitarischen zu trennen.

Das hier dargelegte Schema lässt die Möglichkeit vorhersehen, dass ein Element oder Radikal mit einem positiven oder negativen Elektron zu reagieren vermag, ohne dass gleichzeitig ein anderes Element von damit entgegengesetzt polarem Charakter sich des freigewordenen Elektrons bemächtigt. Wenn dies geschähe, so würde das freie Elektron in Analogie zu den gewöhnlichen chemischen Prozessen mit einem bestimmten Dissoziationsdruck in Freiheit gesetzt werden, der sich in der lebendigen Kraft des fortgeschleuderten freien Elektrons äussern würde. Vielleicht verdanken die Becquerelstrahlen einem solchen chemischen Prozesse ihre Entstehung; da man auch hier bisher nur das Auftreten freier negativer Elektronen beobachtet hat, so gewinnt es überhaupt den Anschein, als ob die positiven Elektronen viel schwieriger zu isolieren, d. h. viel fester von den Elementen metallischer Natur gebunden seien, als die negativen Elektronen von den Metalloiden.

(Auszug aus dem als Broschüre bei Vandenhoek & Rupprecht, Göttingen, erschienenen Vortrage.)

(Eingegangen 18. Oktober 1901.)

O. Kammerer (Charlottenburg), Die Erhaltung der Energie vom Standpunkte des Ingenieurs.[1]

Das Grundgesetz der Naturwissenschaft — das Gesetz von der Erhaltung der Energie — ist auch das Grundgesetz der Ingenieur-Wissenschaft.

Denn die Aufgabe des Maschinen-Ingenieurs lautet:

Verwandlung und Verteilung von Energie mit möglichster Wirtschaftlichkeit zu dem Zwecke, den Menschen von körperlicher Arbeit zu entlasten und für höhere Kulturarbeit frei zu machen.

Diese Aufgabe beginnt stets mit Verwandlung von Energie aus der in der Natur sich bietenden Form in die mechanische Energieform in den sogenannten Motoren. Die beiden Formen nämlich, in welchen die Sonnenenergie vergangener und gegenwärtiger Zeit uns bisher in verwertbarer Art zur Verfügung steht — in der chemischen Energie der Heizstoffe und in der hydraulischen Energie der Ströme — sind nur sehr selten unmittelbar verwendbar; notwendig ist daher zunächst Umformung in mechanische Energie.

Der zweite Teil der Aufgabe des Maschinen-Ingenieurs besteht in der Verteilung der aus der Naturkraft geformten mechanischen Energie zunächst von der Gewinnungsstelle zu den sogenannten Arbeitsmaschinen und dann in den letzteren selbst von der Eintrittsstelle der Energie bis zur Verwendungsstelle.

Die Lösung der Ingenieuraufgabe muss mit möglichster Wirtschaftlichkeit erfolgen: d. h. mit einem geringsten Aufwand von körperlicher Mitarbeit des Menschen, mit einem geringsten Aufwand der kraftübertragenden Mittel — Eisen und Kupfer — und mit einem geringsten Aufwand von mechanischer Energie. Die gleichmässige Berücksichtigung dieser drei häufig einander widersprechenden Bedingungen macht die Thätigkeit des Maschinen-Ingenieurs zu einer sehr vielgestaltigen und schwierigen. Im folgenden soll nur der Einfluss der letzten der drei Bedingungen — Erzielung geringsten Energieverlustes — besprochen werden, die aber nie allein den Ausschlag für die Beurteilung eines Ingenieurwerkes bilden darf.

Das Wort „Energieverlust" klingt seltsam zu der Erkenntnis von der Erhaltung der Energie.

1) Abteilung 3, 26. Septr. 1901.

Die Energie an sich kann ja nicht verloren gehen, sie kann nur einen anderen Weg gehen, als wir ihn ihr aufzwingen wollen. Die Naturkraft in einen ganz bestimmten Weg zu zwingen, ist aber gerade unser Ziel. Von diesem Standpunkt aus nennen wir „nutzbare Energie" nur denjenigen Teil, der innerhalb des aufgezwungenen Weges dahineilt, dagegen „verlorene Energie" den Anteil, der sich der Bändigung entzieht und in Seitenpfade verliert. Inwieweit es nun bisher dem Ingenieur gelungen ist, die Energie im genannten Sinne zu „erhalten", das soll im folgenden an einigen Beispielen gezeigt werden, die aus dem Sonderfach des Berichterstatters - Hebemaschinen mit Kraftbetrieb — herausgegriffen sind.

Von diesen Beispielen ist eines aus dem Bergbau, ein zweites aus dem Personenverkehr und eines aus dem Hafenbetrieb gewählt, um möglichst verschiedenartige Betriebsverhältnisse einander gegenüberzustellen. In einem Fall soll die Energie in Form von Dampf, im zweiten von Druckwasser, im dritten von elektrischem Strome zugeführt werden, um die durch die Energieform bedingten Eigentümlichkeiten zur Darstellung zu bringen.

Als erstes Beispiel ist eine Fördermaschine gewählt. Die Fördermaschine ist eine der einfachsten, aber auch für unsere Kultur wichtigsten Maschinen, denn sie bringt uns die beiden Stoffe, welche die Grundbedingungen unserer modernen Kultur sind: die Kohle als Energieträger, und das Eisen als Kraftübertragungsmittel. Ohne diese Mittel wäre eine Daseinsgestaltung in der heutigen Form unmöglich, da die Menschenkraft gegenwärtig ein vielfaches desjenigen kostet, für welches sie beispielsweise in der antiken Kulturzeit infolge des geringen Existenzminimums der damaligen Zeit und des damals bewohnten Klimas verfügbar war.

Die Fördermaschine entwickelte sich aus der ursprünglichen Kübelförderung mit Pferdegöpel oder Wasserrad. Das Erz wurde im Tiefsten des Schachtes in einen am Hanf- oder Aloeseil hängenden Kübel gefüllt, dieser Kübel aufgewunden, am oberen Schachtende — der Hängebank — entladen und leer wieder gesenkt. Die Nutzenergie wurde hierbei dargestellt durch den Kübelinhalt und die Fördergeschwindigkeit, die aufzuwendende Gesamtenergie war grösser um den Betrag des Kübelgewichtes und des Seilgewichtes. Ersteres war gering im Verhältnis zur Nutzlast, daher war auch das Seilgewicht klein, denn letzteres ist abhängig von Nutzlast und Kübelgewicht. Die Nutzenergie war daher gross im Verhältnis zur Gesamtenergie. Die Förderung litt aber unter den grossen Übelständen: das Einfüllen des Kübels erforderte grosse Förderpausen, der freigehende Kübel durfte nur mit geringer Geschwindigkeit, höchstens 2 Sekundenmetern gehoben werden, und der leere Rückhub brachte grossen Zeitverlust. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Kübelförderung war daher sehr gering. Heutzutage kommt daher die Methode nur noch bei Abteufen kleiner Schächte zur Anwendung, wenn mit einfachsten Mitteln gearbeitet werden muss.

Vergrösserung der Leistung wurde durch folgende Mittel erreicht: Zur Vermeidung der Einfüllzeit wurde die Hebung der Nutzlast in denselben Gefässen vorgenommen, wie die Horizontalförderung, nämlich in Hunten. An Stelle des Kübels musste nunmehr ein Gerippe treten, welches Gleise für die Hunte trug. Diese Massnahme verkürzte die Förderpausen beträchtlich, brachte aber bedeutend grössere Totlast.

Grössere Fördergeschwindigkeit bis zu 15 Sekundenmetern wurde ermöglicht durch Einbau von Führungen in den Schacht: dies bedingte allerdings einen Reibungswiderstand, die gesteigerte Geschwindigkeit einen Luftwiderstand. Der leere Rücklauf wurde schliesslich vermieden durch Einführung der zweitrümigen Förderung, welche gleichzeitig den Vorteil ausgeglichener Eigengewichte der Fördergerippe und Hunte bringt. Die infolge der gesteigerten Totgewichte vergrösserten Seilgewichte werden hierbei allerdings nicht ausgeglichen. Zu beachten sind ferner die Massenwiderstände, welche durch die grosse Geschwindigkeit und durch die grossen Massen der Gerippe, Hunte, Seile und Trommeln hervorgerufen werden. Die gesteigerte Leistung wird daher erkauft durch einen verhältnismässig weit grösseren Energieverlust.

Diese Betriebsverhältnisse werden erleuchtet durch Versuche an der Fördermaschine des Salzwerkes in Heilbronn, die von Buschmann in Dinglers Polytechnischem Journal veröffentlicht sind. Aus den dort dargestellten Dampfdiagrammen lässt sich das Belastungsdiagramm — Fig. 1 — konstruieren, welches den Einfluss der einzelnen Widerstände auf den Energieverlust zur Darstellung bringt. Die Nutzenergie beträgt rund 200 Pferdestärken bei 12 Sekundenmeter Förderungsgeschwindigkeit, die höchste Gesamtenergie rund 400 Pferdestärken.

Das Verhältnis der Nutzenergie zur Gesamtenergie ist bei dieser Fördermaschine noch ein verhältnismässig günstiges, da die Förderteufe nur 200 Meter beträgt. Ein wesentlich anderes Bild ergiebt sich bei zunehmender Teufe. Zum Vergleich mögen die Betriebsverhältnisse bei der grössten bisher ausgeführten Fördermaschine betrachtet werden, die seit Sommer 1899 bei der Tamarack Mining Co. in Betrieb und von der Nordberg Manufacturing Co. in Milwaukee gebaut ist. Die Förderteufe beträgt 1800 Meter, die Fördergeschwindigkeit 20 Sekundenmeter, die Nutzlast 6000 kg, das Seilgewicht 11000 kg;

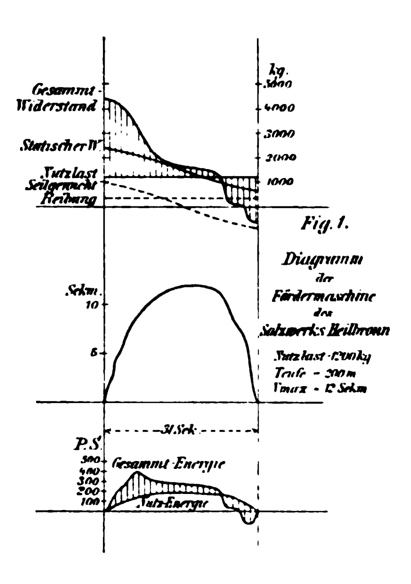


Fig. 1.

diese Fördermaschine ist mit konischen Seiltrommeln ausgeführt; es möge indessen zunächst angenommen werden, dass cylindrische Trommeln verwendet seien, um den Vergleich mit der Heilbronner Fördermaschine zu haben. Das Belastungsdiagramm — Fig. 2 — ist unter dieser Voraussetzung entworfen. Die Nutzenergie würde dann 1600 Pferdestärken, die höchste Gesamtenergie 4500 Pferdestärken betragen; das Verhältnis zwischen beiden wäre daher ein sehr ungünstiges, die Maschine daher nicht nur unwirtschaftlich, sondern auch sehr schwer und kostspielig. Ein wesentlich günstigeres Belastungsdiagramm — Fig. 3 — würde sich er-

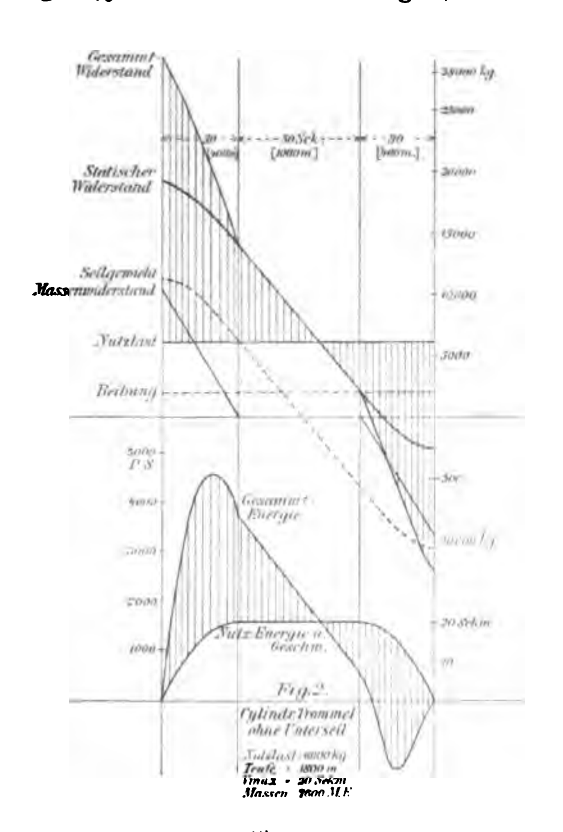


Fig. 2.

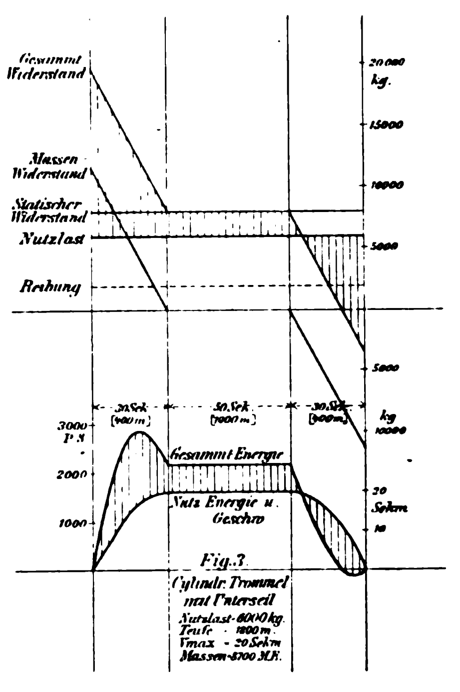


Fig. 3.

geben, wenn die Seilgewichte durch Unterseil ausgeglichen wären. Die höchste Gesamtenergie würde dann bei gleicher Nutzenergie nur 2700 Pferdestärken betragen, die Maschine könnte beträchtlich wirtschaftlicher arbeiten und leichter und billiger ausgeführt werden. Wenn nun aber auch Unterseile aus Holzkohleneisen mit Bandquerschnitt bei unmittelbar centrischer Anhängung an die Förderseile bis zu 12 Sekundenmeter Fördergeschwindigkeit und bis zu 500 Meter Teufe sich gut bewährt haben, so würde die Anwendung eines Unterseils für 20 Sekundenmeter und 1800 Meter jedenfalls unzulässig sein, wegen der gewaltigen Massenwirkung eines Unterseils für diese Verhältnisse.

Um einerseits Unterseil zu vermeiden, andererseits eine wenigstens teilweise Gewichtsausgleichung zu ermöglichen, ist die Fördermaschine der Tamarack Mining Co. mit konischen Seiltrommeln ausgeführt worden. Diese Konstruktion würde theoretisch nicht nur eine vollkommenere Ausgleichung der Seilgewichte, sondern auch der Gewichte mit den Massenwiderständen ermöglichen; praktisch ist aus Konstruktionsrücksichten nicht einmal das erstere vollständig ausführbar. Im vorliegenden Falle ist zwischen die konischen Trommeln ein cylindrisches Stück eingeschaltet, welches von beiden Förderseilen

abwechselnd benutzt wird. Das Belastungsdiagramm — Fig. 4 — lässt daher nur eine

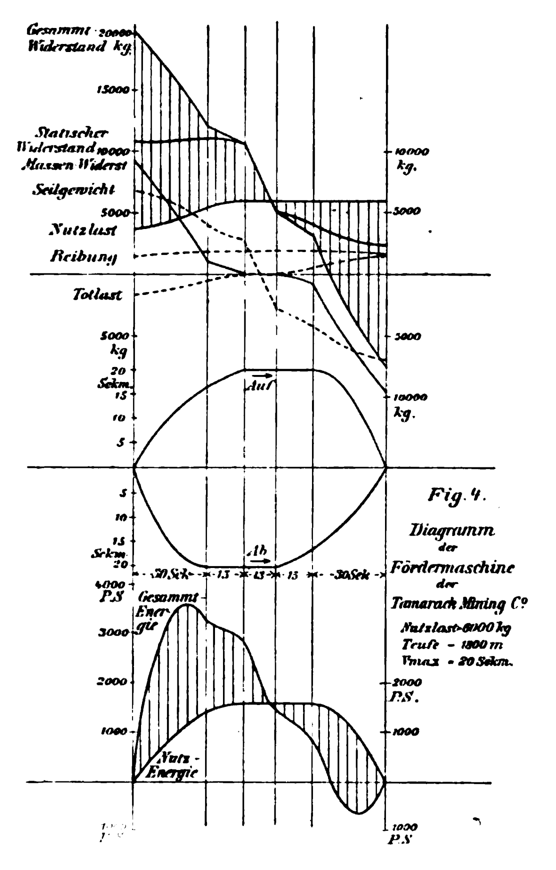


Fig. 4.

sehr unvollkommene Ausgleichung der Seilgewichte erkennen. Die höchste Gesamtenergie beträgt 3500 Pferdestärken gegen 1600 Pferdestärken Nutzenergie.

Die Gesamtenergie ist gemessen gedacht am Trommelumfang; die Widerstände innerhalb der Maschine — im Kurbeltriebwerk — sind also noch nicht inbegriffen. Ebensowenig sind die thermischen Energieverluste in den Belastungsdiagrammen dargestellt, die bei Fördermaschinen infolge der Förderpausen und infolge der Anlaufbedingungen sehr hohe Werte erreichen. Es liegt nun nahe, die Frage aufzuwerfen, ob diese Energieverluste vielleicht verringert werden könnten durch Einführung elektrischen Betriebs von Fördermaschinen. Zunächst wird die Energieübertragung hierdurch umständlicher: die Dampfenergie kann nicht unmittelbar in die Fördermaschine geleitet werden, sondern muss zunächst in mechanische, dann in elektrische Energie verwandelt werden, um schliesslich in der Fördermaschine selbst wieder in mechanische Energie umgesetzt zu werden. Alle diese Umwandlungen sind mit Energieverlusten verbunden. Die thermischen Verluste lassen sich allerdings auf einen kleinen Bruchteil der bisherigen vermindern infolge der günstigen thermischen Verhältnisse stetig laufender Dampfdynamomaschinen. Die zwischen Seiltrommel und Gerippe fallenden Energieverluste lassen sich hingegen nur dann vermindern, wenn es gelingt, die im Belastungsdiagramm dargestellte negative Arbeit in elektrische Energie umzusetzen. Diese Aufgabe ist mit normalen Elektromotoren nicht lösbar: sie setzt vielmehr einen Motor voraus, der nicht im Ankerstromkreis, sondern ausschliesslich im Feldstromkreis geregelt wird. Gleichzeitig müssen die Verluste im Anlasser vermieden werden, die bei gewöhnlichen Elektromotoren nicht zu umgehen sind. Nur unter diesen Voraussetzungen hat der elektrische Betrieb von Fördermaschinen eine wirtschaftliche Zukunft.

Ein zweites Beispiel ist gewählt aus dem Personenverkehr zwischen den einzelnen Stockwerken von Gebäuden. Je nach Art der letzteren wickelt sich dieser Verkehr in sehr verschiedener Dichte ab. Als unterste Stufe können die Aufzüge in Miethäusern angesehen werden, die meist für eine Zugkraft entsprechend drei Fahrgästen und für eine Hubgeschwindigkeit von 0,5 Sekundenmetern gebaut werden. Einen bedeutend dichteren Verkehr haben Gasthofaufzüge zu bewältigen, die durchschnittlich fünf Fahrgäste mit 1,0 Sekundenmetern Geschwindigkeit fördern können. Noch weiter werden die Anforderungen an Warenhausaufzüge gesteigert, bei denen meist eine Zugkraft entsprechend zehn Fahrgästen bei 1,5 Sekundenmetern verlangt wird. Der stärkste Vertikalverkehr tritt bei Aufzügen für Untergrundbahn-Stationen auf, die für eine Zugkraft von 50 bis 100 Fahrgästen gebaut werden müssen bei einer Hubgeschwindigkeit bis zu 2,0 Sekundenmetern. Eine Steigerung der Geschwindigkeit über diese Grenze hinaus hat keine Berechtigung, solange die Hubhöhe das übliche Mass von 20 bis 30 Metern nicht überschreitet.

Als eine moderne Ausführung für sehr dichten Vertikalverkehr mögen in folgendem die im Jahre 1899 ausgeführten neuen Aufzüge des Eiffelturms besprochen werden, die als Ersatz für die zu wenig leistungsfähigen alten Aufzüge aus dem Jahre 1888 eingebaut wurden. Die neuen Aufzüge sind konstruiert und ausgeführt von der Compagnie de Fives-Lille und verfügen über eine Zugkraft von 7000 kg entsprechend 100 Fahrgästen bei 2,0 Sekundenmetern Hubgeschwindigkeit. Sie fördern vom Erdgeschoss in das II. Stockwerk mit Anhalten im I. Stockwerk bei einer Hubhöhe von 50 plus 70 = 120 Metern. Die Fahrbahn ist geneigt und zwar im unteren Teil stärker als im oberen; es war daher eine Rollenführung erforderlich

unter entsprechender Beschränkung der Geschwindigkeit.

Die Unterbringung der Fahrgäste in geschlossenen Fahrzellen führt bei Aufzügen zu beträchtlichen Werten der Totlast. Im vorliegenden Falle ist es durch Verwendung eines Stahlgerippes mit Aluminiumzellen gelungen, das Totgewicht auf 9500 kg bei 7000 kg Nutzlast herabzudrücken, während es bei den alten Turmaufzügen 11000 kg bei 3000 kg Nutzlast betrug. Zur Ausgleichung dieser grossen Totlasten waren bei den alten Aufzügen Gegengewichte angeordnet, die ebenso wie die Fahrrollen mit Rollenführungen auf schiefer Bahn liefen, aber nur halb so grossen Hub ausführten. Für die neuen Aufzüge wurde ebenso wie für die alten hydraulischer Betrieb gewählt, weil für diese Betriebsart von Aufzügen die meisten Erfahrungen vorlagen; im Gegensatz zu der geringen Spannung von 12 Atm. der alten Aufzüge mit Hochbehältern griff man für die neuen Aufzüge zu der üblichen Hochspannung von 50 Atm. mit Gewichtsakkumulatoren. Die Wahl hoher Spannung ermöglichte die Vermeidung der in den Turmführungen laufenden, für den Betrieb sehr lästigen Gegengewichte. Die Totlasten der Aufzüge sind ausgeglichen durch die Belastungsgewichte von besonderen Akkumulatoren mit 18 Atm. Pressung, in welche das aus den Triebcylindern kommende Wasser überströmt. Die Presspumpe hat nur den Druckunterschied zwischen Niederdruck- und Hochdruck-Akkumulator = 50 — 18 = 32 Atm. — zu überwinden.

Zur Erzielung von Betriebssicherheit ist eine selbstthätige Regelung der Geschwindigkeit in der Weise ausgeführt, dass die leere Fahrzelle mit derselben Geschwindigkeit steigt und sinkt, wie die vollbelastete und eine weitere in der Art, dass Anlauf und Endlauf nicht der Willkür des Führers überlassen sind, sondern sich gesetzmässig vollziehen. Diese Regelungsvorrichtungen setzen den überschüssigen Teil der Energie bei leerer Zelle durch Wasserdrosselung in Wärme um. Da eine anderweitige Regelung der Triebkraft und der Geschwindigkeit bei hydraulischem Betrieb in einfacher Weise nicht möglich ist, so entstehen naturgemäss beträchtliche Energieverluste jedesmal dann, wenn die Fahrzelle nicht voll belastet ist. Das Belastungsdiagramm — Fig. 5 — lässt den Einfluss dieser Energieverluste im Vergleich zu den durch Reibungs- und Gewichtswiderstände hervorgerufenen deutlich erkennen. Die nutzbare Energie bei Heben der vollbelasteten Zelle beträgt rund 200 Pferdestärken, die Gesamtenergie rund 500 Pferdestärken.

Als drittes Beispiel ist eine Hebemaschine aus dem Hafenverkehr genommen. Der Umschlag vom Seeschiff auf Eisenbahnwagen und

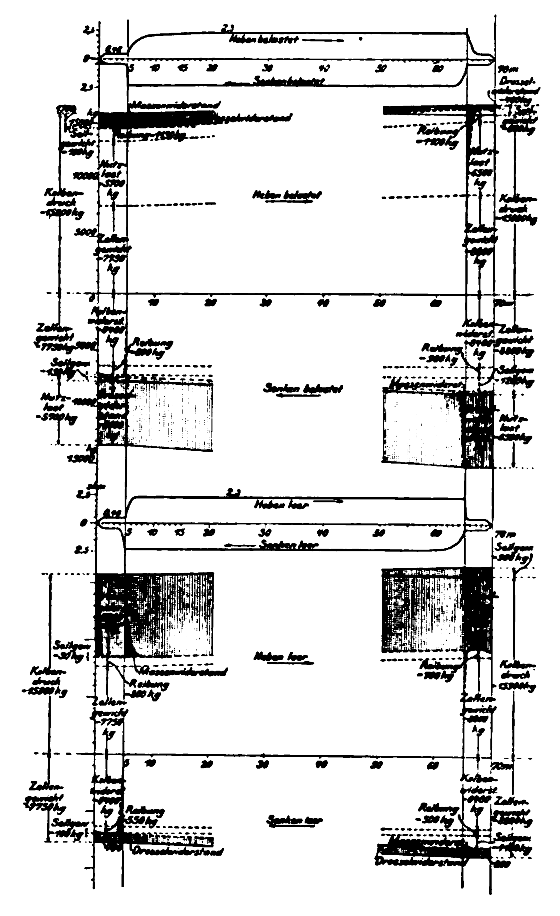


Fig. 5.

auf Binnenschiff vollzieht sich in sehr verschiedenartigen Formen, je nach Art des Umschlaggutes und der Umschlagrichtung. Einen Sonderfall bildet die Umladung von Kohlen. Für die Entladung von Kohle aus Seeschiffen sind zwei Arbeitsmethoden verwendbar: Kräne mit Selbstgreifer und Becherwerke, letztere aber nur dann, wenn Nusskohle entladen wird. Für den umgekehrten Fall — die Umladung von Kohle aus Eisenbahnwagen in Seeschiffe — sind, wenn nicht besondere örtliche Verhältnisse vorliegen, dieselben Hebemaschinen verwendbar. Hier kommt aber noch eine dritte Arbeitsmethode hinzu, die hinsichtlich der Anlagekosten der dazu erforderlichen Maschinenanlage die weitaus ungünstigste, hinsichtlich der Ersparnis an Menschenkraft und hinsichtlich Leistungsfähigkeit aber die weitaus günstigste Methode ist. Sie besteht einfach darin, dass der zu entladende Eisenbahnwagen neben dem Seeschiff bis über Deck desselben gehoben und dann gekippt wird, so dass die Kohle durch die geöffnete Stirnwand des Wagens in eine Schüttrinne gleiten kann, welche die Kohle durch die Luken in den Schiffsraum fallen lässt.

Die Hebung des Eisenbahnwagens wäre

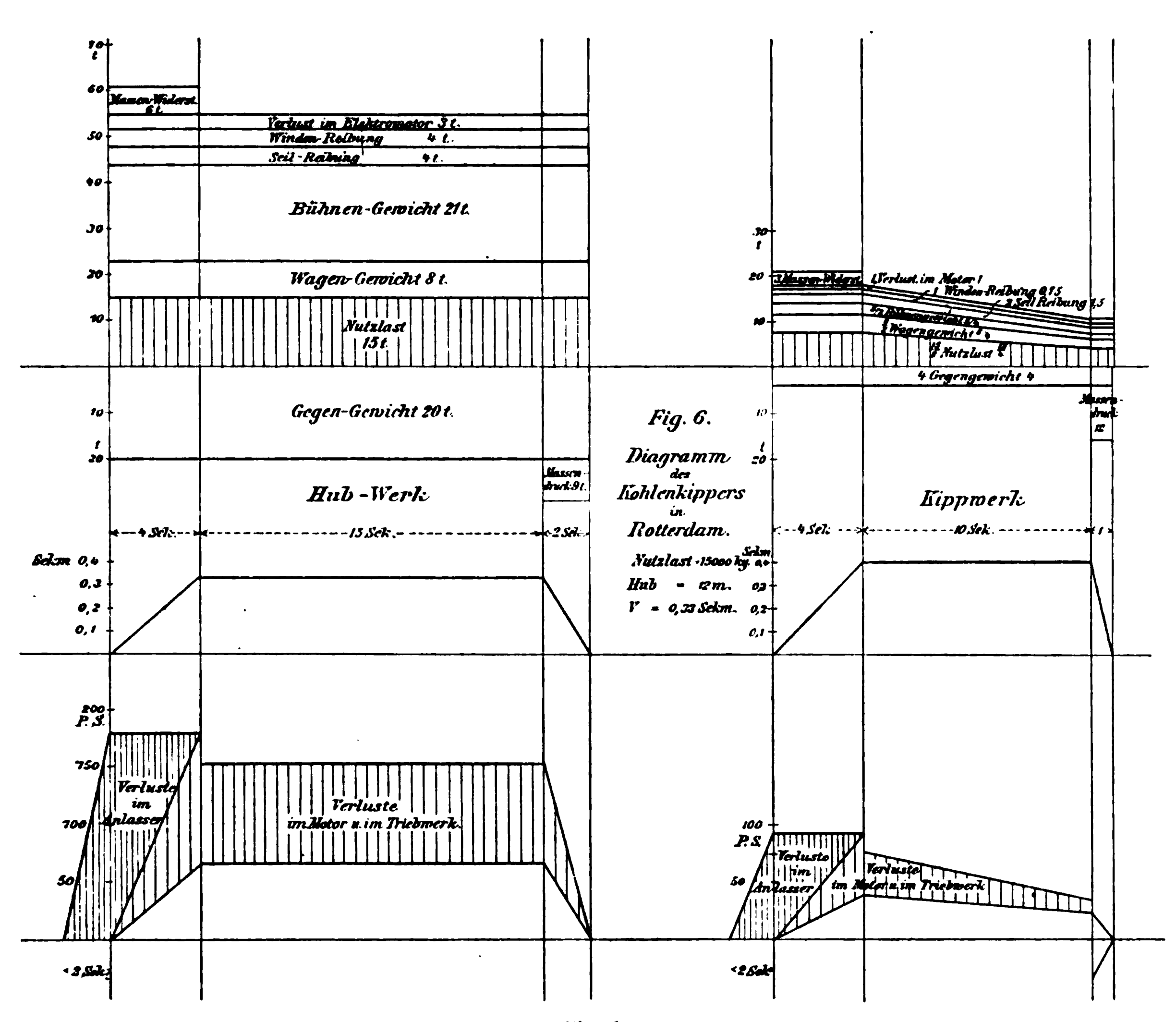


Fig. 6.

entbehrlich, wenn der Wasserstand von Ebbe und Flut nicht verändert würde, wenn das Schiff in beladenem und leerem Zustand gleichen Tiefgang hielte, und wenn alle Schiffe gleiche Freibordhöhe hätten. Dieser Fall kommt aber nur bei Beladung von Binnenschiffen vor, dort genügt ein einfaches Kippwerk. Die Notwendigkeit einer vorherigen Hebung mit nachfolgender Kippung macht naturgemäss die Maschinenanlage wesentlicher verwickelter und umfangreicher.

Für die Untersuchung der Energieverteilung ist der in Rotterdam im Jahre 1901 aufgestellte neue Kohlenkipper mit elektrischem Betrieb als Beispiel zu Grunde gelegt, der vom Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. in Hamburg erbaut worden ist. Die Nutzlast ist auf 15 Tonnen bemessen, die Hubhöhe auf 12 Meter als Höchstwert und die Hubgeschwindigkeit auf 0,33 Sekundenmeter.

Bei dem Hubwerk treten ausser der Nutzlast als Widerstände auf: das Eigengewicht des Wagens, das Eigengewicht der Bühne und die Reibung in den Führungen der Bühne und die in den Seilrollen. Die Eigengewichte werden ausgeglichen durch Gegengewichte, während sich die Massenwiderstände der Totlasten und der Gegengewichte summieren. Zur Verfolgung des gesamten Weges, den die Energie von den Eintrittsklemmen bis zur Nutzlast zurücklegt, sind noch die Reibungswiderstände und die Massenwiderstände des Windentriebwerkes und die Verluste im Elektromotor und im Anlasser in das Belastungsdiagramm eingetragen. Die Verluste im Elektromotor selbst sind gering, die Verluste im Anlasser dagegen beträchtlich; zur Steigerung der letzteren trägt hauptsächlich die Ankermasse bei, die den weitaus grössten Teil des gesamten Massenwiderstandes hervorruft. Ein weiterer Verlust im Anlasser entsteht durch die Vorkontakte, die den Zweck haben, den Spannungssprung beim Einschalten zu vermindern; diese Vorkontakte haben zur Folge, dass die Bewegung der Maschine erst etwa

zwei Sekunden nach dem Einschalten erfolgt; die gesamte in dieser Zeit durchgeführte elektrische Energie wird im Anlasser in Wärme umgesetzt.

Aus dieser Beobachtung ist deutlich erkennbar, dass die Verluste im Anlasser von elektrisch betriebenen Hebemaschinen beträchtlich grösser sind, als sie zumeist geschätzt werden; es wird daher elektrischer Betrieb von sehr grossen Hebemaschinen — Fördermaschine — wirtschaftliche Erfolge nur dann haben, wenn diese Anlassverluste vermieden werden.

Diese kleine Umschau zeigt, wieweit wir noch bei manchen Maschinenbetrieben von dem einen der darin gesteckten Ziele — Erhaltung der nutzbaren Energie — entfernt sind, wie viele und schwierige Aufgaben der Ingenieur noch vor sich liegen sieht. Bei Inangriffnahme solcher Aufgaben ist aber eines nicht zu vergessen: nicht einseitige Lösung eines wissenschaftlichen Problems darf das Ziel des Technikers sein; denn die technische Wissenschaft darf ebensowenig wie die medizinische um ihrer selbst willen betrieben werden. Wie letztere das Wohl des Kranken, so muss erstere den wirtschaftlichen Erfolg, d. h. die Verbesserung der menschlichen Daseinsbedingungen, als Endziel vor Augen haben. In diesem Sinne betrieben, ist die Ingenieurkunst wert, dass man ihr die ganze Lebenskraft widmet, eingedenk des Wortes:

„Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen."

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 7. Oktober 1901.)

H. Geitel (Wolfenbüttel), Über die durch atmosphärische Luft induzierte Radioaktivität.[1])

Die Erscheinungen, welche den Gegenstand der folgenden Mitteilung bilden, sind von Elster und mir bei Untersuchungen über Elektrizitätszerstreuung in der Luft bemerkt worden.[2]) Man kann diesen altbekannten Vorgang, den allmählichen Elektrizitätsverlust eines geladenen Körpers, der der Luft ausgesetzt ist, wie wir glauben, in widerspruchsloser Weise nur dadurch auffassen, dass man der natürlichen Luft ein wahres — wenn auch sehr kleines — Leitvermögen zuschreibt, d. h. einen gewissen Gehalt an freien Elektronen, die sich, wenn durch irgend welche Einflüsse entfernt, pro Zeit und Volumeinheit in bestimmtem Masse regenerieren. Der normale Zustand der Luft wäre demnach qualitativ derselben Art, wie man ihn durch Bestrahlung durch Röntgen- oder Becquerelstrahlen in ungleich stärker ausgeprägter Weise hervorrufen kann. Da die Elektrizitätszerstreuung in grösseren begrenzten Luftmengen von dem Augenblicke an, in dem die Absperrung erfolgte, während mehrerer Tage langsam einem maximalen Grenzwert zustrebte, und es nicht gelang, dieses Anwachsen der Leitfähigkeit auf bekannte Ursachen, wie die Abnahme des Staubgehaltes der Luft, in ausreichender Weise zurückzuführen, so stellte sich der Verdacht ein, dass radioaktive Vorgänge irgend welcher Art im Spiele sein könnten.

Eine Spur radioaktiver Substanz in dem geschlossenen Raume hätte nämlich gerade in der beobachteten Art wirken müssen und zwar infolge der von E. Rutherford, Curie und Debierne sowie Dorn untersuchten sogenannten induzierten Strahlung. Zunächst wird die Luft durch Kontakt mit der Substanz selbst radioaktiv und überträgt dann diese Eigenschaft auf die Wände des Raumes bis ein Grenzwert der Strahlung und daher auch der Leitfähigkeit der Luft erreicht wird. So fanden z. B. die Curies, dass in ihrem Laboratorium, in dem die Radiumpräparate hergestellt und aufbewahrt werden, die Luft innerhalb jedes geschlossenen Gefässes eine weit höhere Leitfähigkeit erhält, als die von selbst sich erneuernde Luft des Zimmers.

Ob der Prozess der Erhöhung des Leitvermögens der Luft wirklich in der geschilderten Weise verläuft, ist allerdings bei der noch mangelhaften Kenntnis der radioaktiven Vorgänge keineswegs sicher.

Natürlich hatten wir Uran oder Radiumpräparate bei unseren Versuchen peinlichst ferngehalten, von den bekannten aktiven Substanzen konnte allein das Thorium in Frage kommen, das bei der allgemeinen Verbreitung des Auerschen Glühlichtes vielleicht in der Gestalt von minimalen Spuren Thorerdestaub in den Versuchsraum hineingelangt sein konnte. So unwahrscheinlich die Annahme auch war, so schwierig erschien ihre Widerlegung, da mechanische und chemische Reinigungsmittel sicher nicht für ausreichend erachtet werden konnten. Die Entscheidung war auf ganz unabhängigem Wege herbeizuführen.

Wenn Luft allein dadurch, dass sie abgeschlossen von der Atmosphäre sich selbst überlassen bleibt, auch ohne Gegenwart der bekannten radioaktiven Stoffe ihr Leitvermögen bis zu einem Maximalwerte allmählich steigert, so muss dieser in den fast gar nicht ventilierten Räumen unterirdischer Höhlen längst erreicht sein Bei einem Besuche der Baumannshöhle im Harze im April d. J. konnten wir in der That

1) Abteilung 2, 26. September 1901.

2) Vergl. darüber unsere Veröffentlichungen in der Phys. Zeitschrift 2, 560 und 590, 1901.

die ganz abnorme Leitfähigkeit der Höhlenluft feststellen, die etwa das Zehnfache der normalen betrug. Spätere Messungen in Kellerräumen, die lange Zeit nicht gelüftet waren, sowie in anderen natürlichen Höhlen haben diese Erfahrung durchaus bestätigt.

War hiermit erwiesen, dass stagnierende staubfreie Luftmassen von selbst eine erhöhte Produktivität an Ionen annehmen, so ergab sich als nächstliegender Gedanke der oben genannte, dass eine gewisse, bisher unbekannte Radioaktivität entweder in der Luft selbst oder den einschliessenden Wänden vorhanden sein könnte. Da es nicht angeht, ein Gas ohne Anwendung eines Gefässes zu begrenzen, so lässt sich der Sitz der Radioaktivität nur indirekt bestimmen. Versuche an kleinen unter einer Glasglocke abgeschlossenen Luftmengen, in die fremde, nicht zu den bekannten aktiven zählende Substanzen eingebracht wurden, haben einen unzweideutigen Einfluss ihrer Gegenwart auf den Grenzwert des Leitvermögens nicht erkennen lassen. Beobachtungen in Kellern, deren Wände aus verschiedenartigem Gestein (Kalk oder Grauwacke) bestanden, ergaben das übereinstimmende Resultat, dass die Zerstreuung in der Kellerluft stets grösser als in der äusseren ist, eine quantitative Übereinstimmung fand nicht statt und ist auch nicht zu erwarten, da es neben der Grösse des Raumes vor allem auf das Fernhalten der Aussenluft ankommt, und hierbei natürlich die Beschaffenheit des Gebäudes den Ausschlag giebt. Ohne den Wert dieser noch unzulänglichen Erfahrungen zu überschätzen, durfte man doch den Schluss ziehen, dass, wenn eine Art von Radioaktivität bei der in Rede stehenden Erscheinung beteiligt sein sollte, sie mit einiger Wahrscheinlichkeit der Luft selbst zuzuschreiben wäre.

Gesetzt nun, diese Annahme träfe zu, so müsste die natürliche Luft, gleich der durch Radium oder Thorium künstlich aktivierten, beliebigen Substanzen durch blosse Berührung eine induzierte Strahlung mitteilen. Bei dem gewaltigen Abstande zwischen der natürlichen Leitfähigkeit der Luft und der durch die genannten Stoffe künstlich gesteigerten wäre von vornherein nur eine unmessbar kleine Wirkung zu erwarten gewesen, wenn es nicht ein Mittel gäbe, dass wir Rutherford verdanken und welches eine bedeutende Vergrösserung der induzierten Aktivität herbeiführt. Dies besteht darin, dass man den Körper, den man der Radium- oder Thoriumluft aussetzt, dabei auf negativem Potentialniveau erhält. Indem jetzt die positiven Elektronen gegen seine Oberfläche heranfliegen, lassen sie auf dieser eine Schicht von gesteigerter Radioaktivität zurück, die sich durch ihre Eigenschaft, die Luft leitend zu machen und durch ihre photographischen Wirkungen zu erkennen giebt; sie verschwindet nach einiger Zeit von selbst. Wir wendeten diese Methode auf die freie atmosphärische Luft an. Bei den ersten Versuchen wurde ein weiter Cylinder aus engmaschigem Messingdrahtnetz, der sich bequem über den von uns konstruierten Zerstreuungsapparat setzen liess, vom Giebel des Hauses an einem isolierenden Haken ins Freie hinausgehängt und mehrere Stunden lang mittels einer Akkumulatorenbatterie auf etwa —400 Volt geladen gehalten. Wurde er dann hereingeholt und unter einer geräumigen Glasglocke über den Zerstreuungsapparat gesetzt, so zeigte dieser in der That eine kleine Zunahme der Leitfähigkeit der Luft (um etwa $^1/_4$ des Gesamtbetrages) an, die bei vorhergegangener positiver Ladung des Cylinders ausblieb. Das Ergebnis ermutigte zu weiteren Untersuchungen. Wir ersetzten die Akkumulatorenbatterie durch eine mit der Wasserleitung zu betreibende Wasserinfluenzmaschine, die eine Funkenschlagweite von 1—2 mm gab. So erzielten wir bei dreistündiger Exposition des Cylinders mit negativer Ladung eine Zunahme der Leitfähigkeit der Luft unter der Glasglocke bis auf das Sechsfache. Die Erscheinung erwies sich als im wesentlichen von der Natur des geladenen Körpers unabhängig, wir haben sie mit Drähten aus Kupfer, Messing, verzinktem Eisen, mit Magnesiumband, Kupferblech, Papier, Leinwand, Hanfschnüren und Pflanzenblättern gleichmässig erhalten. Ebenso wie Rutherford bei der durch Thorium induzierten Strahlung fand, bleibt auch hier die Aktivität einige Stunden bestehen. Durch Erhitzen des aktivierten Metalles unmittelbar nach der Exposition lässt sie sich merkwürdigerweise, aber ebenfalls in Übereinstimmung mit Rutherfords Erfahrung, nicht vernichten, dagegen kann man von Kupferdrähten die wirksame Oberflächenschicht mit Watte oder Leder abreiben, die mit Salzsäure oder Ammoniakflüssigkeit befeuchtet sind. Das Putzmaterial wird dann selbst aktiv, es erträgt — abgesehen von der Abnahme der Wirkung in der Zeit — eine Erhitzung bis zur Verflüchtigung des überschüssigen Ammoniaks und der Säure, ja sogar eine völlige Verkohlung. Hierdurch wird es möglich, die aktive Substanz auf kleinem Raume zu konzentrieren und auf ihre photographische Wirksamkeit zu prüfen. Um eine genügende Menge zu sammeln, spannten wir im Freien an isolierenden Haken etwa 30 m Kupferdraht aus, der durch die Wasserinfluenzmaschine — oder einen kleinen Rhumkorff, unter Einschaltung einer Funkenstrecke — dauernd negativ geladen blieb. Alle 5 Stunden wurde der Draht mit einem Stück Leder abgerieben, das mit Ammoniak

benetzt war. Hierauf wurde das Leder zur Vertreibung des Ammoniaks scharf erhitzt und wie ein Uranpräparat zur Herstellung von photographischen Bildern von Blei- oder Kupferschablonen durch Aluminiumblech oder Folie hindurch verwendet. Da nach etwa 5 Stunden die Aktivität der abgeriebenen Substanz fast erloschen ist, so wurde ein neu präpariertes Leder aufgelegt und das Verfahren etwa fünfmal wiederholt. Auf diese Weise lassen sich photographische Bilder herstellen, die sich in nichts von den mittels Uranpräparaten erhaltenen unterscheiden. (An einem etwa 60 m langen Kupferdrahte, der einige Stunden durch einen kleinen Rhumkorff auf dem Dache des Gebäudes des Staatslaboratoriums negativ geladen gewesen war, wurde die induzierte Aktivität mittels des Zerstreuungsapparates demonstriert, ferner wurden Photographien vorgeführt, die auf die soeben beschriebene Weise erhalten waren. Siehe Fig. 1 und 2.)

Es war vorauszusehen, dass in Kellerräumen bei der hohen Leitfähigkeit der abgeschlossenen Luft auch die Aktivierung negativ geladener Drähte besonders kräftig ausfallen würde. Die Erwartung hat sich bestätigt. Als wir einen Kupferdraht von etwa 40 m Länge eine Zeit von 8 Stunden lang in den weiten Kellerräumen des Landesarchives in Wolfenbüttel, die mehrere Monate geschlossen gehalten waren, mittels eines kleinen Induktoriums negativ geladen hatten, war die von ihm abgeriebene Substanz so stark aktiv, dass der benutzte Lederlappen nach Verjagung des Ammoniaks anfangs eine Phosphoreszenz am Baryumplatincyanürschirm gab, die dem völlig ausgeruhten Auge direkt wahrnehmbar war. Es kann hiernach wohl kein Zweifel daran bestehen, dass die verschiedenartigen mit negativer Ladung der Luft ausgesetzten Substanzen eine wahre induzierte Radioaktivität annahmen. Da die Erdoberfläche, abgesehen von kurzen Zeiträumen, während des Falles von Niederschlägen meist negativ geladen ist und diese normale Erdelektrizität sich in besonders grosser Dichtigkeit auf allen leitenden Hervorragungen ansammelt, so werden diese allein durch Kontakt mit der Luft eine gewisse Radioaktivität annehmen und dauernd behalten müssen, so lange sie an ihrem Platze bleiben. Wir konnten



Fig. 1. Aktive Substanz von einem im Freien exponierten Kupferdrahte abgerieben, fünfmal erneuert; Kupferschablone mit untergelegter dreifacher Aluminiumfolie. 3. September 1901.



Fig. 2. Aktive Substanz von einem im Keller exponierten Kupferdrahte abgerieben, siebenmal erneuert; Bleischablone mit untergelegtem Aluminiumblech von $^1/_{10}$ mm Dicke. 15. September 1901.

diese, allein durch die natürliche Erdelektrizität bewirkte Aktivierung leicht an dem Ende einer Drachenschnur nachweisen, die mehrere Stunden lang in die Luft emporgetragen war. Dieser Versuch ist insofern von Bedeutung, als er die aktivierende Wirkung der Luft in einiger Höhe über der Erdoberfläche und fern von der Nachbarschaft anderer Körper zeigt. Bemerkenswerterweise ist die beschriebene Erscheinung bis jetzt nur als eine Nachwirkung der Zerstreuung der negativen Elektrizität erhalten worden, sie kann, wie es scheint, nicht durch andere Entladungsformen, wie etwa durch positive Büschel, die eine Kathode treffen, an dieser hervorgerufen werden.

Ferner erfordert sie grosse Luftvolumina von mindestens einigen Kubikmetern. In kleineren Räumen wird sie undeutlich und verschwindet schliesslich ganz. Der Grund liegt wohl darin, dass die Aktivierung schon während der Dauer der Exposition zu verschwinden beginnt, so dass ein merkliches Endresultat nur dann erwartet werden kann, wenn die den exponierten Körper in der Zeiteinheit treffende Zahl von positiven Elektronen — die mit der Grösse des Luftvolumens wächst — mehr als ausreichend ist, um jenen Verlust zu decken.

Überblicken wir noch einmal die Schlüsse, die sich aus der Art, wie die Aktivität zu stande kommt, auf ihre Herkunft ziehen lassen.

Es liegen nach dem jetzigen Stande unserer Erfahrungen über Radioaktivität drei Möglichkeiten vor: Es könnten 1. die exponierten Substanzen selbst, 2. solche, die sich in ihrer Nähe befanden, 3. die umgebende Luft ursprünglich radioaktive Eigenschaften haben. Was die erste Möglichkeit anlangt, so ist sie zwar, wie bereits bemerkt wurde, schon wegen der denkbaren Infektion durch Thorerde für die Drähte und sonstigen künstlichen Produkte nicht absolut zu verneinen; bei den Pflanzenblättern, die im Freien, wo sie gewachsen waren, auch sofort exponiert wurden, kann eine Verunreinigung durch Thorerdestaub wohl ernstlich nicht in Betracht gezogen werden. Allerdings mussten auch diese während der Exposition an Metalldrähten aufgehängt werden. Da ferner alle dem Versuche unterworfenen Substanzen, gleichgültig welcher Art, aktiv werden, so müsste für alle unterschiedslos eine gewisse ursprüngliche Radioaktivität angenommen werden, die an sich nicht direkt wahrnehmbar wäre, sondern sich erst durch die von ihr abgeleitete induzierte Strahlung verriete. Es wäre dann aber nicht verständlich, wie die Grösse des verfügbaren Luftraumes von so bedeutendem Einflusse sein kann und warum die Aktivierung am besten in der Kellerluft gelingt.

Ebenso ist auch die zweite Möglichkeit, die Aktivierung durch benachbarte Substanzen, schon in Rücksicht auf den Versuch mit der Drachenschnur unhaltbar, es müsste denn sein, dass man den ganzen Erdkörper als Quelle der Strahlen betrachten wollte. Abgesehen von diesem vorderhand noch fernliegenden Gedanken, der indess eine weitere Verfolgung verdient, bleibt daher als die vorläufig wahrscheinlichste Annahme die einer gewissen der Luft selbst eigentümlichen Radioaktivität, die übrigens aufs beste mit ihrer Eigenschaft übereinstimmt, ihren Ionengehalt von selbst zu regenerieren. Sehr erwünscht wäre eine Wiederholung dieser Versuche unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen, es scheint die induzierte Radioaktivität auch in der Art mit der Elektrizitätszerstreuung eng verbunden zu sein, dass sie wie diese durch Nebel und Rauch stark beeinträchtigt wird.

Leider ist es ein allerdings in der Natur der Sache gelegener Übelstand, dass diese Untersuchungen grosse Räume erfordern. Aus diesem Grunde werden Versuche mit anderen chemisch reinen Gasen nicht geringen Schwierigkeiten begegnen, während sie andererseits das geeignetste Mittel zur Entscheidung der Frage sein würden, ob die aktivierende Wirkung allein der atmosphärischen Luft zukommt.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Diskussion.

Neesen (Berlin): Ich will nur fragen, ob ein Metall, nachdem ihm seine radioaktive Eigenschaft genommen ist, dieses Metall doch wieder in den wirksamen Zustand versetzt werden kann. Damit würde aber gesagt sein, dass diese Verunreinigung nicht von einer vorherigen Verunreinigung durch Thor kommen könnte.

Geitel: Ich fasse die Frage so auf, ob ein Metall, wenn die induzierte radioaktive Schicht abgerieben ist, wieder radioaktiv werden kann. Dies ist in der That der Fall, daher kann die Aktivierung schwerlich von oberflächlich anhaftender Thorerde herrühren.

(Eingegangen 8. Oktober 1901.)

R. Wachsmuth (Rostock), Die innere Wärmeleitung in Flüssigkeiten.

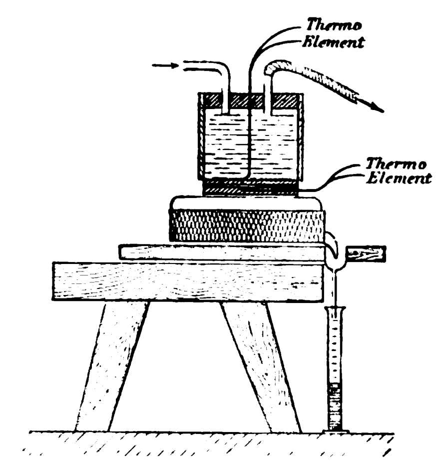
Es wird eine neue Bestimmungsmethode angegeben, welche gestattet, gleichzeitig die elektrische Leitfähigkeit zu messen.

Wird der Zustand der Wärmeströmung stationär, so fliesst zwischen zwei parallelen Kupferplatten durch eine zu untersuchende Flüssigkeitslamelle ein konstanter Wärmestrom von W Kalorien. Ist der Querschnitt q, die Dicke der Lamelle d und die Temperatur an

den Grenzen t_1 resp. t_2, so ergiebt sich der Koeffizient k der inneren Wärmeleitung als:

$$K = \frac{W_q}{t_1 - t_2} \cdot \frac{d}{q}.$$

Nimmt man für die Erwärmung der oberen Kupferplatte einen Strom von warmem Wasser und stellt die untere Platte auf einen Eisklotz (vgl. Figur), so wird der Wärmestrom einen Teil des Eises zum Schmelzen bringen. Fängt man also das Schmelzwasser in einem Messcylinder auf und beobachtet von Minute zu Minute, zählt die bei freiem Schmelzen ablaufende Menge ab, so hat man als Differenz das Äquivalent für den Wärmestrom.



Das Plattensystem wird aufgehängt, um den Überdruck auf das Eis zu kompensieren.

Durch je einen Draht der zur Temperaturmessung angebrachten Thermoelemente erfolgt gleichzeitig die Widerstandsbestimmung.

(Eingegangen 27. September 1901.)

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/02.

Akademie zu Münster i./W.

Nachzutragen:

M. Reinganum: Elektrische Wellen, 1; Grundzüge der kinetischen Theorie der Gase, 1.

Universität Erlangen.

Nachzutragen:

A. Wehnelt: Über optische Messmethoden und Messinstrumente, 1.

Briefkasten.

An die Redaktion der Physikalischen Zeitschrift.

Pavillon de Breteuil, Sèvres le 29. Oktober 1901.

In dem ursprünglichen Texte des Vortrages „Über das Leben der Materie", von dem Sie eine so vortreffliche Übersetzung in Ihrer Zeitschrift gebracht haben, habe ich bedauerlicherweise bei Gelegenheit der Elektrolyse des Glases den Namen von Prof. Warburg vergessen. Ich hatte das schon bemerkt und mich beeilt, das Versehen in einem Widerdruck, der in dem Bulletin de la Société astronomique de France, November 1900 erschienen ist, wieder gut zu machen. Ich bedauere das Versehen des Originaltextes umsomehr, als dieser schöne und geradezu klassische Versuch in den letzten Jahren oft erwähnt worden ist, ohne dass sein Autor genannt wurde, und weil sich geradezu eine Legende gebildet zu haben scheint, die ihn anderen Physikern zuschreibt.

Das so interessante, von Herrn Warburg im Jahre 1884 erhaltene Resultat scheint damals nicht die Beachtung gefunden zu haben, welche es verdient hätte. Zu jener Zeit war die Anschauung des kontinuierlichen Überganges zwischen dem flüssigen und dem festen Zustande noch keineswegs allgemein verbreitet; aber sie hat seitdem an Boden gewonnen und es ist sicher, dass der Nachweis der Elektrolyse des Glases mit den damit zusammenhängenden Erscheinungen viel dazu beigetragen hat, diese Anschauung auszugestalten und auszubreiten.

Ich würde mich sehr freuen, wenn das Versehen, welches mir, entgegen meiner Absicht, untergelaufen ist, dazu beitragen könnte, den Ursprung dieses schönen Versuchs durch eine nachträgliche Berichtigung ins Gedächtnis zurückzurufen.

Ch. Ed. Guillaume.

(Aus dem Französischen übersetzt von H. Th. Simon.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Vor kurzem starb in St. Petersburg der Professor der Chemie und Biologie Dr. Marcel Nencki von der Universität Bern, 54 Jahre alt.

An der Universität Gent wurde der Privatdozent der Mathematik Fagnart zum ausserordentlichen Professor ernannt.

An der Akademie zu Münster i./W. hat sich Dr. M. Reinganum aus Frankfurt a/M. für Physik habilitiert.

An der Technischen Hochschule in Stuttgart ist ein neuer Lehrstuhl für Elektrotechnik errichtet worden, der dem Ingenieur Emil Veesenmeyer in Berlin übertragen worden ist. Der bisherige Professor Oberbaurat Dr. W. Dietrich liest über elektrische Beleuchtung, elektrotechnische Messkunde II und hält das elektrotechnische Laboratorium ab; der neue Professor E. Veesenmeyer liest über Elektrotechnik, Gleichstromerzeuger im Wechsel mit Wechselstromerzeuger und Umformer, elektrische Arbeitsübertragung im Wechsel mit elektrischen Bahnen.

Der Privatdozent der Mathematik Dr. G. Kowalewski in Leipzig wurde als ausserordentlicher Professor nach Greifswald berufen.

Am 26. Oktober 1901 verstarb der ausserordentliche Professor an der Berliner Universität, der Physiker Arthur König.

Der jetzt in Potsdam lebende ordentliche Professor der Astronomie an der Universität Breslau und frühere — bis 1897 — Direktor der dortigen Sternwarte, Geh. Reg.-Rat Dr. Gottfried Galle, der Auffinder des Planeten Neptun, hat sein fünfzigjähriges Jubiläum als Breslauer Universitätsprofessor gefeiert. Der Gelehrte steht im 90. Lebensjahre.

Der Assistent an der agrikultur-chemischen Versuchsstation in Marburg Dr. Karl Schulze wurde zum Lehrer für Naturwissenschaften an der Wein- und Obstbauschule in Oppenheim ernannt.

Ingenieur Josef Virag, der Erfinder des Viragschen Schnelltelegraphen, ist, erst 32 Jahre alt, in Ofen-Pest im grössten Elend gestorben.

Berichtigungen.

In der Arbeit des Herrn C. Shedd, Über die Formen der von dem Michelsonschen Interferometer gelieferten Kurven **3**, 47, 1901, sind wegen Ausbleibens einer Korrektur einige Druckfehler stehen geblieben:

Seite 47, Spalte I, Zeile 2 v. u. ist statt „S'" S zu setzen. Seite 48, Spalte I, Formel 5) muss es im zweiten Gliede der rechten Seite statt „q" $tg q$ heissen; Formel 6) und in der folgenden Zeile statt „t" A. Ebenso ist in Formel 13 und der darauffolgenden, sowie in Formel 18 und der darauffolgenden „t" durch A zu ersetzen.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 5. 1. Dezember 1901. 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 6 am 5. Dezember 1901.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Das spezifische Gewicht des Eises.[1])

Von H. T. Barnes.

Bei Nichols'[2]) äusserst sorgfältigen Bestimmungen des spezifischen Gewichtes des Eises wurde eine Differenz von zwei Tausendstel zwischen den spezifischen Gewichten von altem und neuem Eis beobachtet. Flusseis, welches gebrochen und ein Jahr lang aufbewahrt worden war, wurde weniger dicht befunden als frischgebrochenes Eis und fast gleich dicht wie reines, künstlich erzeugtes Eis. Die Dichte scheint Veränderungen zu unterliegen, welche von der Art der Bildung abhängen, und in Übereinstimmung mit Nichols' Messungen scheint die Geschwindigkeit der Bildung, wenigstens temporär, den Grad der Dichte zu bestimmen. Die vielen und mannigfaltigen Erscheinungen, die mit der Bildung von Flusseis im kanadischen Klima, zu Montreal, verbunden sind, machen Untersuchungen, wie vorliegende, von vielseitigem Interesse.

In Beziehung auf den Einfluss des Alters auf das spezifische Gewicht reinen Flusseises stellte der Verfasser einige Versuche an mit Stücken frisch während der Versuche gebildet aus dem St. Lorenzstrom und Stücken, welche zwei resp. ein Jahr früher gebrochen, sorgfältig während der Sommermonate aufbewahrt worden waren.

Die zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes angewendete Methode war das Wägen in Wasser von 0° C. Ein kupfernes Gefäss mit einem Deckel und engem Halse wurde hergestellt, so dass in ihm ein Stück Eis von 200 bis 300 g Gewicht frei aufgehängt werden konnte. Dieses Eis wurde in einer dreizackigen, abgewogenen Gabel gehalten, welche mittels eines leichten Kupferdrahtes, der durch den engen Gefässhals hindurchging, an dem einen Arm einer empfindlichen Oertlingschen Wage aufgehängt war. Dieses Gefäss tauchte in einen grösseren Kessel und war von einer Mischung von Schnee und Wasser umgeben. Nachdem das Gewicht eines Stückes Eis, welches so in einer Atmosphäre von 0° C. aufgehängt war, erhalten war, wurde ein Hahnenverschluss am Boden des Gefässes geöffnet, und das Wasser in direkter Berührung mit Schnee floss hinein und füllte dasselbe vollständig. Dann wurde der Gewichtsverlust bestimmt. Grosse Sorgfalt wurde darauf verwendet, zum Gebrauch für die Mischung reines Flusswasser und völlig sauberen Schnee zu haben. Die Eisstücke für die Versuche wurden ausserhalb des Laboratoriums in einer Atmosphäre, die nur wenig von 0° C. abwich, aus den Blöcken geschnitten und wurden sauber und trocken gewischt mit Filtrierpapier und einem sauberen Leinenlappen.

Die folgende Tabelle giebt die Resultate der Versuche nach dieser Methode bei den verschiedenen Stücken.

Spezifisches Gewicht von Eis durch Abwiegen in Wasser von 0° C.

Datum.		Entstehungsjahr.	spez. Gew.	Abweichen v. Mittel.
März	9	1901	0,91684	0,00023
„	9	1901	0,91665	0,00004
„	9	1900	0,91661	0,00000
„	16	1900	0,91642	0,00019
„	16	1899	0,91650	0,00011
„	16	1899	0,91648	0,00013
„	23	1900	0,91678	0,00017

Mittel = 0,916611 + 0,000065.

Zum Beweise für die Genauigkeit dieser Methode wurden am 16. März zwei Bestimmungen mit demselben Eisstück (1899er Eis) gemacht, indem man dasselbe nach dem ersten Versuch herausholte, es trocken rieb und wieder in das Gefäss zurückbrachte. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen altem und neuem Eis konnte nicht entdeckt werden, die kleinen Abweichungen sind wahrscheinlich kleinen Un-

1) Ausführlich in Phys. Review, **13**, 55, 1901.
2) Phys. Review, **8**, 21, 1899.

gleichheiten in der Struktur der angewandten Stücke zuzuschreiben.

Es ist klar, dass, übereinstimmend mit vorliegenden Messungen, das spezifische Gewicht von altem und neuem Flusseis das gleiche ist und gleich 0,91661 + 0,00007 gesetzt werden kann, welches bis auf zwei Zehntausendstel mit den Messungen Nichols' an nicht kürzlich gebrochenem Eise übereinstimmt, welche 0,91644 gaben, und in gleicher Genauigkeit mit den Bestimmungen Bunsens.

Mc. Gill Universität.

(Eingegangen 1. Oktober 1901.)

Durch Kathodenstrahlen erzeugte Farbenringe an Krystallplatten.

Zweite Mitteilung.

Von W. Biegon von Czudnochowski.

Seit meiner früheren Mitteilung[1]) über die an Platten von Flussspat und Steinsalz infolge Einwirkung von Kathodenstrahlen auftretenden eigentümlichen Farbenerscheinungen ist es mir leider nicht möglich gewesen, weitere Versuche mit dem eigens dazu beschafften Materiale in dem gewünschten Umfange anzustellen, weshalb ich nachstehend nur einige weitere Beobachtungen an Flussspatplatten mitteilen will.

Der Verlauf der Erscheinung, wie ich ihn nach Beobachtungen an dem Crookesschen Apparat Fig. 1 der vorigen Mitteilung in Fig. 3 bis 8 derselben schematisch dargestellt hatte, ist aus nachstehender, eine Zusammenstellung der zu verschiedenen Zeiten beobachteten Farbenfolgen enthaltenden Tabelle I deutlicher zu erkennen.

Tabelle I.

Stück farblosen Flussspates im Crookes-Apparat.

	A.	B.	C.
1. Ordnung	silbergrau gelblich orange bräunlich	grau gelb orange braungelb	grau hellbraun
	bläulich	violett	hellblau dunkelblau rosa
2. Ordnung		gelb	hellgelb moosgrün hellrot
		rot	dunkelrot
		violett	hellviolett dunkelblau dunkelviolett

1) Diese Zeitschrift **2**, 65—66, 1900. — Beiblätter **52**, 78, 1901.

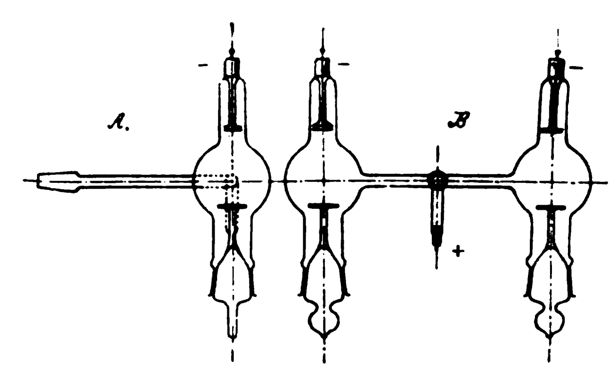


Fig. 1.

Zu weiteren Versuchen bediente ich mich statt des in Fig. 2 der vorigen Mitteilung dargestellten Apparates (*A*) eines neuen Doppelapparates (*B*), der in vorstehender Fig. 1 in zwei Ansichten in $^1/_6$ n. Gr. gezeichnet ist.[1]) Der Apparat ist vollkommen symmetrisch; die Kathoden — eine eben, eine konkav[2]) — haben gleichen Durchmesser und gleichen Abstand von den gegenüber befindlichen Glastischen, welche oben eben und mattgeschliffen sind und zur Aufnahme der am besten mit Gips zu befestigenden Versuchsobjekte dienen.

Zum Auspumpen diente die gleiche Quecksilberluftpumpe wie bei den früheren Versuchen. Als Elektrizitätsquelle wurde ein kleines Induktorium mit Platinunterbrecher von nur 23 mm Schlagweite[3]) zwischen Spitze und Platte benutzt, gespeist von Akkumulatoren Type C^I von W. A. Boese, Berlin, unter Verwendung eines achtstufigen Vorschaltwiderstandes und eines Ampèremeters der A. E.-G. Berlin.

Das Versuchsmaterial bestand in zwei ganz gleichartigen, klaren, farblosen Flussspatplatten von $15 \times 15 \times 3$ mm[4]), welche in der angegebenen Weise auf dem Tischchen befestigt waren.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass, nachdem jede Platte bei konstantem Vakuum und konstantem Primärstrom eine bestimmte Zeit den Kathodenstrahlen ausgesetzt war, die Pumpe abgesperrt, der Apparat abgenommen und nach Herausnahme des Tischchens mit den Platten bei Tageslicht die Farben bestimmt wurden, worauf nach Wiedereinsetzen der Stopfen in ihre vorherige — markierte — Stellung und Wiederanfügen des Apparates an die Pumpe von neuem bis zum vorherigen Vakuum ausgepumpt wurde. Dieses Verfahren wurde nach Bedarf wiederholt.

Hierbei lässt sich nun der **Verlauf der Er-**

1) Der Apparat wird angefertigt von **Max Stuhl**, Berlin NW., Philippstrasse 22.

2) Krümmungsradius etwa 35 mm.

3) Von Siemens und Halske A.-G.

4) Bezogen von C. A. Niendorf, Berhau-Berlin.

scheinung genau verfolgen. Man sieht deutlich die Färbung sich von der Mitte nach dem Rande zu allmählich ausbreiten, wobei eine bestimmte Farbenfolge: gelb—rot—blau, welche ich als Ordnung bezeichnen will, sich immer von neuem aus der Mitte entwickelt und jede neue die vorher erschienenen Ordnungen nach aussen drängt. Der Vorgang entspricht vollkommen der vom Entdecker selbst gegebenen Beschreibung des Entstehens der sog. Priestleyschen Ringe.[1]) Die Beobachtungen für die beiden Flussspatplatten (1 und 2) sind in genau der gleichen Weise wie die der Tabelle I in nachstehenden Tabellen II und III zusammengestellt.

Tabelle II.

Platte: No. 1, Farbloser Flussspat. Hohlkathode.

	Nach: 30 Min.	50 Min.	90 Min.	130 Min.
1. Ordnung	silberweiss blassgelb dunkelgelb orange rot	gelblich rosa dunkelrot	hellbraun rot	
	violett dunkelblau hellblau	dunkelblau hellblau wasserblau	violett dunkelblau hellblau wasserblau	indigo dunkelblau[2]) hellblau[2])
2. Ordnung	gelblich orange bräunlich	hellgelblich orange bräunlich	grünlich hellgelb hellorange dunkelorange rotbraun	hellgelb orange rot
		dunkelblau hellblau	schwachviolett dunkelblau hellblau	rotviolett dunkelblaugrün hellblau
3. Ordn.			hellgelb dunkelorange	grünlich gelb orange bronzefarbig

a b c d

Fig. 2. Natürl. Grösse.

a b c d

Fig. 3. Natürl. Grösse.

Tabelle III.

Platte: Nr. 2, Farbloser Flussspat. Ebene Kathode.

	Nach: 30 Min.	50 Min.	90 Min.	130 Min.
1. Ordnung	silberweiss hellgelb dunkelgelb orange	bronzegelb orange rotbraun	bronzegelb goldrot braunrot dunkelbraunrot	karminrot
	schwachviolett dunkelblau hellblau weisslichblau	violett dunkelblau hellblau wasserblau	dunkelblau hellblau	dunkelblauviolett dunkelblau hellblau
2. Ordnung	hellgelb dunkelgelb hellgelb	gelblich bronzegelb dunkelbraun	hellgelb orange braun	gelblich orange dunkelrot
	blau	blau	dunkelblau hellblau grünlichblau	meerblau wasserblau
3. Ordnung		gelblich		gelblich orange dunkelrot
				grünlichbläulich gelblich dunkelorange

Man sieht, dass ein nennenswerter Unterschied im Verhalten der beiden Kathoden nicht besteht; nur ist der Verlauf bei der Hohlkathode etwas regelmässiger, dagegen die Ordnungszahl bei der ebenen etwas grösser.[1]) Ein ungefähres Bild der Erscheinungen giebt beistehende Fig. 2 *a, b, c, d* (entsprechen 30, 50, 90, 130 Min.) für Platte 1 (Tabelle II) und Fig. 3 *a—d* für Platte 2 (Tabelle III), ausserdem ist in Fig. 4 eine direkte photographische Kopie von Fig. 3d gegeben, erhalten bei 2 Minuten Expositionszeit in direktem Sonnenlicht auf Celloidinpapier.[2]) Die Stromstärke betrug bei diesen Versuchen stets 1 Amp., das Vakuum war derart, dass in dem Verbindungsrohre zwischen den Kugeln stabile, scharf begrenzte Schichten von 8,5 mm Dicke[3]) bei ∽ 7,5 mm lichter Rohrweite sich zeigten.

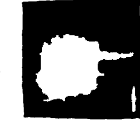


Fig. 4. Natürl. Grösse.

Gleichzeitig mit der Farbenfolge habe ich nun bei jedesmaligem Herausnehmen mittels Spitzenzirkels durch wiederholte Messung zweier aufeinander senkrechter Durchmesser das Wachsen der Ringsysteme mit der Zeit fest-

1) Jos. Priestley, Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Elektrizität nebst eigentümlichen Versuchen. Deutsch von J. G. Krünitz. Berlin u. Stralsund 1772. S. 467-469.

2) Beide Färbungen hatten einen deutlichen grünlichen Schein.

1) Dies insofern, als die beiden letzten Farben eigentlich schon der Anfang einer vierten Ordnung sind.

2) Die excentrische Lage der Erscheinungen in Fig. 2, 3 und 4 rührt davon her, dass die benutzten Platten nicht centrisch befestigt waren, nicht von einer Deflexion der Kathodenstrahlen. Das Original der Fig. 4 lässt sehr gut die allmähliche Zunahme der Lichtdurchlässigkeit nach dem Rande zu erkennen.

3) Unter Dicke ist der Abstand zwischen den Helligkeitsmaximis zweier aufeinanderfolgender Schichten gemeint. Bei den Versuchen waren in jeder Hälfte des Verbindungsrohres genau sieben scharf begrenzte Schichten sichtbar.

zustellen versucht und gebe die Ergebnisse in nachstehenden Tabellen IV und V.[1])

Platte No. 1. Tabelle IV.

Zeit	d_1 a	d_1 b	d_2 a	d_2 b	d_3 a	d_3 b
0"	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30"	8,0	8,0	0,0	0,0	0	0
50"	14,0	12,5	5,0	3,0	0	0
90"	17,0	17,0	8,5	5,5	0	0
130"	19,0	19,0	11,0	9,0	3,0	2,0

Platte No. 2. Tabelle V.

Zeit	d_1 a	d_1 b	d_2 a	d_2 b	d_3 a	d_3 b	d_4 a	d_4 b
0"	0	0	0	0	0	0	0	0
30"	9,0	9,0	2,0	2,0	0	0	0	0
50"	12,0	12,0	6,0	5,0	0	0	0	0
90"	13,2	14,2	9,0	9,0	4,2	3,2	0	0
130"	17,0	18,0	11,5	12,0	7,0	7,5	2,0	2,0

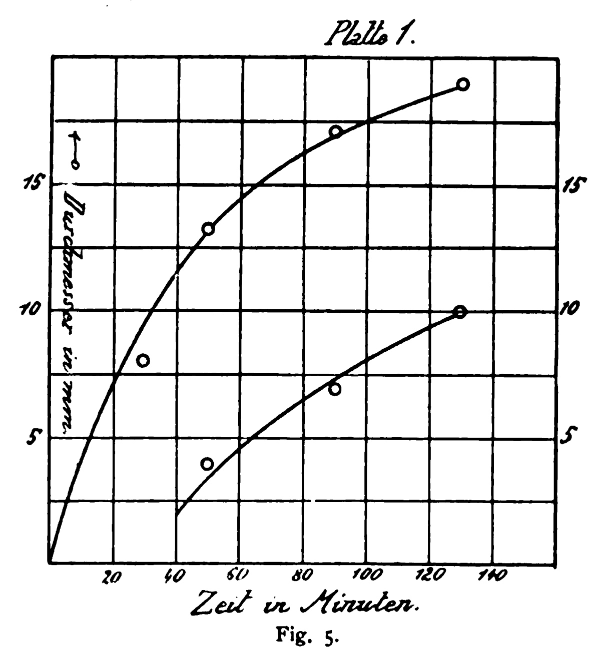


Fig. 5.

Unter Benutzung der Mittelwerte erhält man daraus für den Verlauf der Erscheinung die in

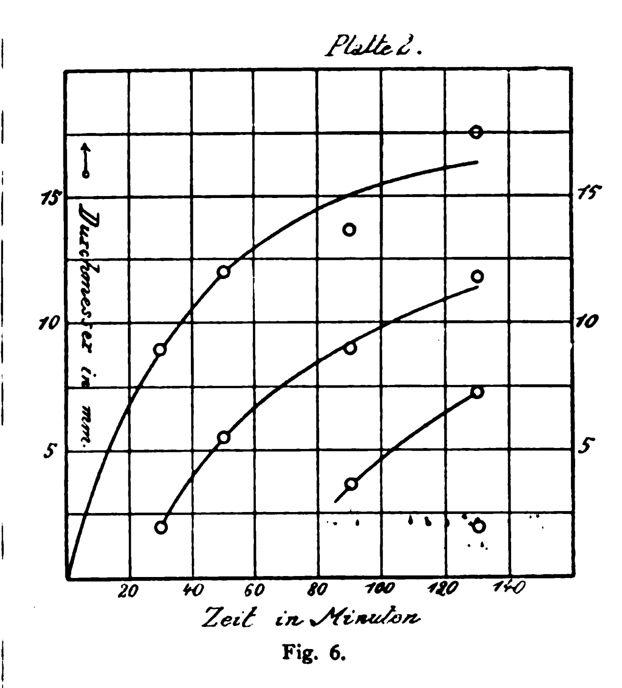


Fig. 6.

Fig. 5 und 6 dargestellten Kurven. Die hieraus zu entnehmenden Differenzen der Durchmesser zweier aufeinanderfolgenden Ordnungen zeigen dann eine Veränderung mit der Zeit, wie sie Fig. 7 für Platte 2 darstellt (1. und 2. Ordnung).

Die beschriebenen Erscheinungen sind an die Oberfläche der benutzten Platten gebunden, welche der Kathode zugewandt ist. Im durch-

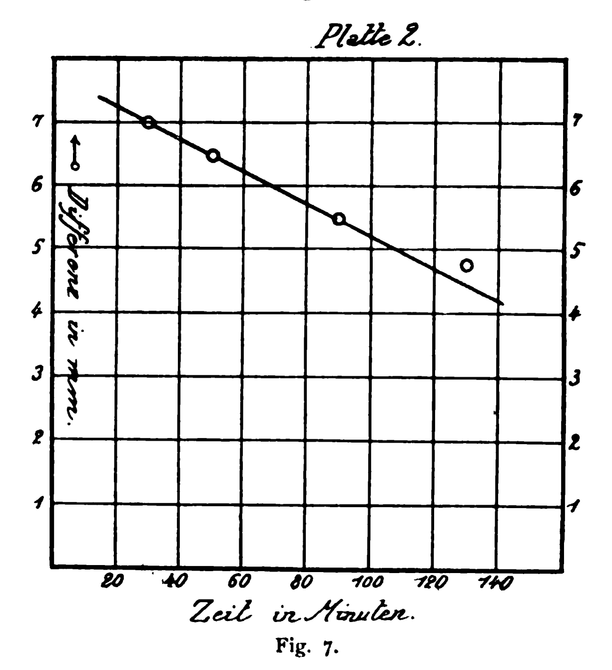


Fig. 7.

fallenden Lichte ist von Farbenringen nichts zu erkennen, die Platten erscheinen braun, in der Mitte am dunkelsten, nach dem Rande zu heller. Durch energisches Wischen lässt sich die Oberfläche wieder in den alten Zustand

1) Die einzelnen Zahlen sind Mittelwerte aus mehreren Messungen für denselben Durchmesser; die ganz kleinen wie die grössten Werte sind etwas unsicher, da im ersten Falle das Bild nicht ausgeprägt, im zweiten nur Rudimente der betr. Ordnung an den Ecken sichtbar sind. Immerhin kann man diese Werte aber zur Vervollständigung des Gesamtbildes benutzen.

versetzen, die Erscheinung ist also an eine abwischbare Schicht gebunden, die sich unter dem Einflusse der Kathodenstrahlen gebildet hat und die man wohl als Produkt einer Zerstäubung der Kathode, also als Metallniederschlag ansehen kann.[1]) Nun bestanden alle Kathoden aus Aluminium, welches nach ausgedehnten Untersuchungen[2]) einer solchen Zerstäubung so gut wie gar nicht unterworfen ist, wenn es auch bei genügend hoher Temperatur ebenfalls Spiegel an der Glaswand des Entladungsrohres zu erzeugen vermag[3]); eine derartige Temperaturerhöhung ist aber bei dem verwendeten kleinen Induktorium wohl nicht gut denkbar. Unter dem Mikroskop erscheint die Schicht bei 330facher Vergrösserung vollkommen zusammenhängend, ohne auch nur eine Spur einer körnigen Struktur erkennen zu lassen; nach dem Abwischen erscheint die vorher farblose Platte in der Durchsicht kaum merklich bläulich. Bei beiden Apparaten, *A* und *B*, zeigten nun aber auch die Kathoden selbst Farbenringe, ähnlich wie eine in der Mitte erhitzte Stahlplatte; dieselben entwickeln sich sehr rasch, sind weit weniger ausgeprägt, und werden sehr bald stationär. Bei dem Crookesschen Apparat fehlt jedoch diese Erscheinung, während der Flussspat sehr intensiv gefärbt ist. Um nun auch diesen Gegenstand näher zu untersuchen, polierte ich die ebene Kathode des Apparates *A* möglichst sorgfältig und setzte darauf die sauber gereinigte Platte 1 den von ihr ausgehenden Kathodenstrahlen aus. Nach 130 Minuten langer Bestrahlung war die Kathodenoberfläche unverändert, die Flussspatplatte in der Durchsicht gleichmässig kräftig violett, die der Kathode zugewandte Oberfläche im reflektierten Lichte dunkelblau. Die Farbe ist auch hier an die bestrahlte Oberfläche gebunden[4]), lässt sich aber nicht durch Wischen oder Reiben entfernen. Durch 30 Minuten langes Erhitzen in heissem Sande von über 200^{0} wird die Färbung in keiner Weise beeinflusst.[5]) Bei ungefähr 350^{0} [6]) thermoluminesziert der Flussspat sehr stark grün, die violette Färbung ist noch unverändert. Bei etwa 500^{0} beginnt die Färbung langsam zu verblassen, um bei Temperatur der Rotglut vollständig zu verschwinden, während gleichzeitig der Flussspat ein sehr intensives blaues Leuchten zeigt.[1]) Die unter dem Einfluss der Kathodenstrahlen schön blaue Phosphoreszenz der Flussspatplatten geht beim Ausschalten des Induktors augenblicklich in ein hell gelbgrünes Nachleuchten von etwa 1 Min. Dauer und länger über; bei nachherigem Erhitzen im Dunkeln thermolumineszieren die Platten mit dem gleichen Lichte von neuem.[2])

Über weitere Versuche mit anderem Material hoffe ich später berichten zu können.

1) A. Kundt, Wied. Ann. **27**, 59 ff., 1886. — Dessau, Wied. Ann. **29**, 375, 1886. — Vgl. auch: O. Lehmann, Elektr. Lichterscheinungen od. Entladungen. Halle, W. Knapp. S. 190–191, 1898.

2) Z. B. Crookes, Electrician **27**, 197, 1891. — Vgl. O. Lehmann, l. c., S. 187.

3) Hittorf, Wied. Ann. **21**, 126, 1884. — O. Lehmann, l. c., S. 187.

4) Vgl. im Gegensatze hierzu: O. Lehmann, Elektrische Entladungen, S. 489 Absatz 4 und Anmerkung 3.

5) Vgl. O. Lehmann, l. c., S. 489 Anmerkung 4.

6) Die Temperaturen wurden kalorimetrisch bestimmt mittels passender Probekörper. Vgl. Müller-Poscillet, Physik. 9. Aufl., **2**, 358 ff.

1) Elster und Geitel, Ann. d. Phys. u. Chemie. Neue Folge, **59**, 493, 1896.

2) A. Miethe, Sitzung der Dtsch. Physikal. Gesellsch. zu Berlin vom 1. Februar 1901. — J. J. Thomson, Entladung der Elektrizität der Gase. Leipzig, J. A. Barth. S. 97, 1900.

Berlin, Oktober 1901.

(Eingegangen 24. Oktober 1901.)

Über die Phosphoreszenz unter dem Einflusse von Kathodenstrahlen und von ultraviolettem Lichte.

Von Aug. Schmauss.

I. Die Fähigkeit verschiedener Substanzen, unter dem Einflusse von Kathodenstrahlen zu phosphoreszieren, zeigt sich nach kurzer Bestrahlung verringert. Crookes beobachtete diese Erscheinung zuerst an der bekannten Röhre mit dem umklappbaren Kreuze.

Die Erklärungen für diesen Versuch, die sich in der Litteratur vorfinden — Crookes selbst hatte für diese „Ermüdung" eine mehr physiologische als physikalische Erklärung gegeben —, sind im wesentlichen dreierlei Art:

1. Erwärmung,
2. chemische Veränderung,
3. Niederschlag von Metallteilchen, die von der Kathode losgerissen wurden.

Während die erste nur eine temporäre, die letzte nur eine dauernde Veränderung zu erklären vermag, könnte eine chemische Umsetzung eine bleibende oder wieder zurückgehende Umwandlung zur Folge haben.

Für eine temporäre Ermüdung käme also 1. und 2., für eine dauernde 2. und 3. in Betracht. Eine etwa durch Erwärmung entstehende chemische Veränderung ist in 2. inbegriffen.

Im folgenden möge über einige Versuche berichtet werden, die im Hinblick auf die erwähnten Erklärungen der Ermüdung angestellt wurden.

Die temporäre Ermüdung, die sich bei den meisten Substanzen beobachten lässt, ist zweifellos der Erwärmung unter dem Einflusse der Kathodenstrahlen zuzuschreiben, indem die phosphoreszierenden Substanzen rasch über die Temperatur ihrer maximalen Lichtemission gebracht werden, welche, wie in II gezeigt werden

soll, im allgemeinen nicht sehr hoch liegt. In der That trat die temporäre Ermüdung nicht so schnell ein, wenn die phosphoreszierenden Substanzen in flüssiger Luft gekühlt wurden.

Die dauernde Ermüdung trat bei allen hier untersuchten Substanzen ein.

Dieselben lassen sich dabei in zwei Gruppen einteilen.

In der ersten, in welche z. B. Balmainsche Leuchtfarbe, andere phosphoreszierende Präparate und auch Kreide gehören, ist die dauernde Ermüdung bedingt durch die fortwährend gesteigerte Wärmezufuhr. Die Substanzen bräunen sich, ganz ebenso, wie sie es bei Erwärmung über eine bestimmte Temperatur thun. Dabei zeigt sich grosse Verschiedenheit in der Zeitdauer, in der das eintritt. Während bei Balmainscher Leuchtfarbe schon eine Belichtung von etwa 10 Minuten hinreicht, sie dauernd zu ermüden, ist es zur Veränderung der Kreide, die keine temporäre Ermüdung zeigt[1]), notwendig, einige Stunden die Kathodenstrahlen darauf einwirken zu lassen. Dieser Umstand widerlegt die Ansicht Pulujs[2]), in dem Niederschlag von Metallteilchen die Ursache der Ermüdung zu sehen. Ein solcher müsste das Leuchten verschiedener Substanzen in gleicher Weise beeinflussen.

Zur zweiten Gruppe gehört die dauernde Ermüdung des Glases, die man an jeder Crookesschen Röhre der oben erwähnten Art sehen kann, mit der das Experiment schon öfters demonstriert worden ist.[3]) Das Kreuz erscheint stets hell auf dunklem Grunde, zum Zeichen, dass das Glas an den Stellen, wo es den Kathodenstrahlen exponiert war, dauernd verändert wurde. Diese Veränderung, die mit dem Auge in keiner Weise wahrzunehmen ist, ist wahrscheinlich ebenso wie die Färbung der Alkalihaloidsalze chemischer Natur. Man kann sich auch hier sehr leicht davon überzeugen, dass es nicht ein metallischer Beschlag ist, der dem Glase die Fähigkeit, zu phosphoreszieren, nimmt. Ein solcher müsste sich durch Behandlung mit Säuren entfernen lassen, was nicht der Fall ist. Dagegen kann man das Glas durch Glühen in den natürlichen Zustand zurückführen, ganz ebenso, wie man den erwähnten Salzen auf diese Weise ihre ursprüngliche Farbe wiedergeben kann. Dies unterscheidet die Substanzen der zweiten Gruppe deutlich von denen der ersten, bei denen Erwärmung die Veränderung erhöhen würde. Es mag vielleicht interessieren, dass frisch ausgeglühtes Glas heller phosphoresziert, als solches, das lange an der Luft gelegen hatte.

1) Goldstein, Beibl. 4, 221, 1880.
2) J. Puluj, Strahlende Elektrodenmaterie, S. 25, Wien 1883.
3) J. Precht, Wied. Ann. 61, 343, 1897.

Diese Eigenschaft der Kathodenstrahlen, die Phosphoreszenzfähigkeit der Substanzen zu verringern, scheinen die ultravioletten Strahlen nicht zu teilen. Ich konnte in diesem Falle nie eine Veränderung bemerken.

Dagegen zeigte das Glas, das von Kathodenstrahlen verändert war, auch im Phosphoroskop geringere Phosphoreszenzhelligkeit, also z. B. ein helles Quadrat auf dunklem Grunde, wenn vor dem Glase ein quadratisches Blech einen Teil der Kathodenstrahlen aufgefangen hatte. Durch Ausglühen konnte man, wie bereits erwähnt, dem Glase wieder eine gleichmässige Phosphoreszenz geben.

Die dauernde Veränderung der leuchtenden Substanzen unter dem Einflusse von Kathodenstrahlen tritt auch auf, wenn das Versuchsrohr durch flüssige Luft gekühlt wird. Es ist damit allerdings nicht gesagt, dass die chemische Veränderung auch bei der tiefen Temperatur vor sich geht. Die bestrahlte Substanz kann vielmehr wegen des schlechten Wärmeleitungsvermögens des Glases und der Leuchtpulver unter dem Einflusse der Kathodenstrahlen trotz der äusseren Kühlung eine höhere Temperatur angenommen haben.

Diese Erwärmung zeigt unter anderem auch folgender Versuch an: Eine von Kathodenstrahlen getroffene Probe Balmainscher Leuchtfarbe zeigt nach Aufhören der Bestrahlung lebhaftes Nachleuchten. Dieses hört momentan auf, sobald man die Substanz mit Kohlensäureschnee abkühlt. Eine wenige Augenblicke dauernde Entladung in der Röhre reicht hin, die Substanz so weit zu erwärmen, dass ein Nachleuchten wieder stattfindet, welches bald wieder verschwindet, wenn das Rohr im Kohlensäureschnee gelassen wird.

II. Es interessierte mich, zu bestimmen, bei welcher Temperatur für einige dieser phosphoreszierenden Substanzen das Maximum der Phosphoreszenz lag. Die Substanzen befanden sich in einem Thermostaten, das Licht einer Bogenlampe wurde mit Quarzlinsen in geeigneter Weise auf die Präparate konzentriert. Die Messung der Helligkeit des Nachleuchtens geschah unmittelbar nach Abblendung des Bogenlampenlichts mit einem zu derartigen Zwecken vorzüglich geeigneten Polarisationsphotometer von F. F. Martens[1]), da der Anwendung eines Spektralphotometers die grosse Lichtschwäche hinderlich war. Durch Einschaltung von Strahlenfiltern war die Möglichkeit gegeben, für verschiedene Strahlengebiete die Intensitätskurve zu ermitteln.

Auf diese Weise ergab sich das Maximum der Phosphoreszenz für Balmainsche Leuchtfarbe bei einer Temperatur von ca. 70⁰.

1) F. F. Martens, Verhandl. der deutsch. Physikal. Gesellschaft 1 (11), 204, 1899. Diese Zeitschrift 1, 299, 1900.

Für ein Präparat aus einer Sammlung derartiger leuchtender Substanzen, das bei gewöhnlicher Temperatur rosa leuchtet, zeigte sich das Maximum für Rot bei 80°. Bei dieser Temperatur wurde das Blau intensiver, für welche Farbe das Maximum bei 120° lag, während bei 150° der Farbenton immer mehr ins Grüne überging, um bei 180° das Intensitätsmaximum für Grün zu erreichen, eine Erscheinung, die sich mit einem gewöhnlichen Spektroskop sehr schön verfolgen liess.

Die Substanzen, wie z. B. Eierschalen, die erst bei tiefen Temperaturen phosphoreszieren, sind bei gewöhnlicher Temperatur zu weit vom Maximum entfernt, um leuchten zu können. Andere, wie z. B. Glas, die wohl bei gewöhnlicher Temperatur leuchten, thun dies bei tiefen Temperaturen noch intensiver, kommen also ihrem Maximum durch Abkühlung näher. H. Starke [1]) hat bemerkt, „dass Glasröhren in der Nähe von lichtdicht eingeschlossenen Röntgenröhren deutlich leuchten, stärker noch, wenn sie in fester Kohlensäure abgekühlt werden, dagegen gar nicht in erhitztem Zustande".

1) H. Starke, Ann. d. Phys. **3**, 83, 1900.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 12. November 1901.)

Magnetisierungszahlen seltener Erden.[1])

Von Stefan Meyer.

Im Anschluss an die Bestimmungen an Elementen und anorganischen Verbindungen[2]) wurden an besonders reinem Materiale die Magnetisierungszahlen seltener Erden gemessen und mit den besten bisher erhaltenen Angaben zusammengestellt. Die Messung geschah an trockenen Pulvern. Die wichtigsten Resultate sind aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen, in der k den Molekularmagnetismus bedeutet. In der dritten Rubrik sind die Namen derjenigen Herren, von denen das Präparat stammte, in der vierten, dort, wo die Bestimmungen von anderen Forschern herrühren, deren Namen verzeichnet.

Auf die Diskussion der einzelnen Zahlen kann im Auszuge nicht eingegangen werden. Es sei bloss hervorgehoben, dass für das Y_2O_3 von Herrn Haitinger durch diesen aus den Absorptionsspektren festgestellt wurde, dass es noch mindestens $\frac{2 \cdot 5}{1000}$ an Er_2O_3 enthielt, womit der dia-

Substanz	$k \cdot 10^6$	Herkunft	Beobachter
La_2O_3 . . .	diamagnetisch	Nilson . . .	K. Angström
La_2O_3 . . .	-2×0.037	Haitinger . .	
CeO_2 . . .	$+0.011$	Brauner-Prag .	
CeO_2 . . .	$+0.010$	Haitinger . .	
Pr_4O_7 . . .	$+4 \times 2.16$	Brauner . . .	
$PrCl_3$ . . .	$+3.36$	Nilson . . .	H. du Bois und
$PrCl_3$ . . .	$+3.28$	Scheele . . .	O. Liebknecht.
Nd_2O_3 . . .	$+2 \times 4.5$	Brauner . . .	
$Nd(NO_3)_3 + 2NH_4(NO_3)$	$+4.3$	Haitinger . .	
$NdCl_3$ . . .	$+5.25$	Schottländer .	H. du Bois und
$Nd(NO_3)_3$ . .	$+5.19$	Schottländer .	O. Liebknecht.
Nd_2O_3 . . .	$+2 \times 5.05$	Haitinger . .	
Sa_2O_3 . . .	$+2 \times 10.1$	Cleve-Upsala .	
$Sa(NO_3)_3$ . .	$+12.1$	Cleve . . .	H. du Bois und
$SaCl_3$ . . .	$+11.6$	Cleve . . .	O. Liebknecht.
$Sa_2(SO_4)_3 + 8H_2O$ . .	$+2 \times 11.2$	Cleve . . .	
Gd_2O_3 . . .	$+2 \times 23.2$	Marignac . .	
Gd_2O_3 . . .	$+2 \times 28.6$	Cleve . . .	
Gd_2O_3 . . .	$+2 \times 27.1$	Haitinger . .	H. du Bois und
Gd_2O_3 . . .	$+2 \times 26.3$	Haitinger . .	O. Liebknecht
$GdCl_3$ . . .	$+25.6$	Benedicks . .	
$Gd(NO_3)_3$ . .	$+19.3$	Marignac . .	
Er_2O_3 . . .	$+2 \times 39.7$	Cleve . . .	
$Er(NO_3)_3 + 5H_2O$ . .	$+44.5$	Cleve . . .	H. du Bois und
$ErCl_3$ . . .	$+36.7$	Cleve . . .	O. Liebknecht.
Ho_2O_3 . . .	$+2 \times 50$	Abraham-Langlet . . .	
Ho_2O_3 . . .	$+2 \times 42.5$	Haitinger.[1]) .	
Yb_2O_3 . . .	$+2 \times 5.99$	Nilson . . .	
$Yb(NO_3)_3$ . .	$+5.43$	Nilson . . .	H. du Bois und
$YbCl_3$ . . .	$+7.11$	Frl. Cleve . .	O. Liebknecht.
Y_2O_3 . . .	$+2 \times 0.58$	Brauner . .	H. du Bois und
YCl_3 . . .	$+0.21$	Cleve . . .	O. Liebknecht.
Y_2O_3 . . .	$+2 \times 0.062$	Haitinger . .	
Nb_2O_5 . . .	$+2 \times 0.0038$	Muthmann . .	
Ta_2O_5 . . .	-2×0.0155	Muthmann . .	
ThO_2 . . .	-0.024	Haitinger . .	
ThO_2 . . .	-0.021	Haitinger . .	
ThO_2 . . .	-0.024	Haitinger . .	

magnetische Charakter von Yttriumoxyd präzise nachgewiesen erscheint. Das magnetische Resultat an Nb_2O_5 und Ta_2O_5 ist insofern überraschend, als ein zweifellos viel minder reines Nb_2O_5, das ich früher untersuchte, sich diamagnetisch erwies. Vielleicht mag dies damit in Einklang stehen, dass nach den Untersuchungen der Funkenspektra durch die Herren F. Exner und E. Haschek, ein grosser Teil der Niob und Tantal gemeinschaftlichen Linien, auf Grund welcher ein noch vorhandenes gemeinsames Element angenommen werden kann, bei den reinen Präparaten nunmehr im Niob stärker auftritt.

In seinem Bericht für den Pariser Kongress 1900 hat Herr du Bois[2]) das magnetische Wesen von sieben Elementen (*Be, Mg, Sc, Nb, La, Ta, Th*), wozu *Y* hinzuzufügen gewesen wäre, noch als zweifelhaft bezeichnen müssen. Nach den vorliegenden Untersuchungen ist für Verbindungen von *Y, La, Ta, Th* die Entscheidung als diamagnetische Körper erbracht und nach dem quantitativen Verhalten auch für die Elemente selbst wahrscheinlich gemacht. Die an

1) Auszug aus der Abhandlung in den Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. 110, Abt. IIa. Juni 1901.

2) Wiener Ber. 108 (IIa) S. 171 und 861 (1899), 109 (IIa), S. 284 und 400 (1900).

1) Noch nicht ganz rein.

2) Vergl. das Referat in dieser Zeitschrift **2**, 378,

den reinsten bisher dargestellten seltenen Erden erhaltenen, derzeit wahrscheinlichsten Zahlen des Atommagnetismus sind in der Anordnung nach steigendem Atomgewicht die folgenden für Verbindungen der nachstehenden Elemente:

	Y	*La*	*Ce*
$k \cdot 10^6 =$	diamagnetisch	$-0{,}04$	$+0{,}01$

	Pr	*Nd*	*Sa*	*Gd*	*Ho*	*Er*	*Yb*
$k \cdot 10^6 =$	$+3{,}3$	$+5{,}2$	$+11{,}2$	$+27{,}3$	$+50$	$+38{,}2$	$+6$

Die Analogie mit der Eisengruppe ist unverkennbar.

	V	*Cr*	*Mn*	*Fe*	*Co*	*Ni*
$k \cdot 10^6 =$	$+1{,}3$	$+6{,}3$	$+15$	$+12{,}5$	$+10$	$+5$

Die Reihenfolge der überhaupt stärkst magnetischen bisher bekannten Elemente ist für abnehmenden Molekularmagnetismus analoger Verbindungen:

Ho, Er, Gd, Mn, Fe, Sa, Co, Cr, Yb, Nd, Ni, Pr, V.

Holmium, für das bisher überhaupt noch keine Angaben vorlagen, steht also an erster Stelle, und da das vorliegende Präparat nur mit schwächer magnetischen Substanzen verunreinigt sein kann, ist der angegebene Wert noch als untere Grenze aufzufassen.

In welcher Weise die gewonnenen Zahlen zu analytischen Zwecken verwendet werden können, zeigt das folgende Beispiel. Es lag ein Gemisch von Erbium- und Yttriumoxyd vor, das keine merklichen Beimengungen anderer seltener Erden enthielt, und es fragte sich, wieviel Prozente Erbiumoxyd in dem Präparate enthalten seien. Die Messung ergab:

g	a	p	$\varkappa 10^6$
0,913	870	$+1{,}65$	$+40{,}2$

(g = zur Verwendung gelangtes Substanzgewicht in Grammen, a = Anzahl von Grammen in 1000 cm^3, p an der Wage abgelesener Zug in Grammen, $\varkappa$ = Suszeptibilität). Nun darf man neben der Suszeptibilität des Erbiumoxydes, diejenige von Y_2O_3 gleich Null setzen, hat also so zu rechnen, als ob die geringere Menge des Er_2O_3 in minder dichter Weise den ganzen Raum des Gemisches erfüllte. Setzt man die molekulare Suszeptibilität für Er_2O_3, $k 10^6 = 2 \times 38{,}2$, so ergiebt dies 23 Proz. Erbiumoxyd im Gemisch. Diese Angabe ist weitaus rascher erhältlich und erheblich genauer, als sie nach irgend welcher anderen Methode bisher gegeben werden kann, denn selbst bei einer Unverlässlichkeit der Magnetisierungszahl zwischen 38 und 40 würde bloss eine Unsicherheit der Gehaltsangabe um ein Prozent resultieren.

In der Magnetisierungszahl besitzen wir demnach eine für jede Substanz gerade in der Gruppe der seltenen Erden, deren chemisches Verhalten einander so ähnlich ist, wesentlich verschiedene charakteristische Eigenschaft. Vielleicht ist dieselbe berufen, mehr als dies bisher geschehen ist, zu analytischen Zwecken herangezogen zu werden.

(Eingegangen 21. November 1901.)

Das Gesetz des Kathodenfalls.[1]

Von J. Stark.

V

1. Darstellung des Gesetzes. — Die Spannungsdifferenz zwischen der Kathode und einem Punkte des negativen Glimmlichtes heisst Kathodenfall (Kathodengefälle) und zwar normal, wenn nicht die ganze Kathode mit Glimmlicht bedeckt ist, abnormal, wenn die ganze Kathode bedeckt ist. Das negative Glimmlicht bedeckt bei kleiner Stromstärke nur einen Teil der Kathode; seine Grundfläche wächst mit zunehmender Stromstärke und umfasst schliesslich die ganze Kathodenoberfläche.

Man weiss bis jetzt, dass der normale Kathodenfall unabhängig von Stromstärke und Gasdruck ist; für den abnormalen bei konstantem Druck gab man gewöhnlich das Gesetz $K = a + b \cdot i$ an, wo K den Kathodenfall, i die Stromstärke, a und b Konstanten bezeichnen. Dieses Gesetz ist indes falsch.

Ausgehend von theoretischen Überlegungen und übergehend zu messenden Versuchen habe ich für den Kathodenfall des Glimmstromes folgendes Gesetz gefunden:

$$K = K_n + \frac{k}{p}(j - j_n)^{1/2}.$$

K_n ist hier eine Konstante und zwar der normale Kathodenfall, k ebenfalls eine Konstante, p der Gasdruck, j die jeweilige Stromdichte an der Kathodenoberfläche, j_n die Stromdichte an der Kathode für den normalen Kathodenfall.

j_n ist zwar unabhängig von der Stromstärke, aber abhängig vom Gasdruck. Nach den bis jetzt vorliegenden, allerdings nicht sehr zuverlässigen Messungen gilt, mindestens in erster Annäherung, $j_n = \varkappa \cdot p$, wo $\varkappa$ eine Konstante ist. Führt man dieses Gesetz unter Vorbehalt seiner Korrektion in das Kathodenfallgesetz ein, so nimmt dieses folgende Form an:

$$K = K_n + \frac{k}{p}(j - \varkappa \cdot p)^{1/2}.$$

Es bezeichne f die Grundfläche des negativen Glimmlichtes, f_k die Kathodenoberfläche. Es ist dann $j = \frac{i}{f}$. Durch Einführung dieser Beziehung in das Kathodenfallgesetz erhält man für dieses als dritte Form:

$$K = K_n + \frac{k}{p \cdot f^{1/2}}(i - \varkappa \cdot p \cdot f)^{1/2}.$$

Bei nicht ganz mit Glimmlicht bedeckter Kathode ist $f < f_k$ und $j - j_n = j - \varkappa \cdot p = i - \varkappa \cdot p \cdot f = o$ oder $f = \frac{i}{\varkappa \cdot p}$. Die Grundfläche des negativen Glimmlichtes ist demnach,

[1] Ausführliche Abhandlung in den Annalen der Physik.

gleichmässige Beschaffenheit der Kathodenoberfläche und ungehinderte Entwickelung des negativen Glimmlichtes vorausgesetzt, direkt proportional der Stromstärke und umgekehrt proportional dem Gasdruck.

Das im vorstehenden in drei Formen gegebene Kathodenfallgesetz habe ich für trockene Luft bei Verwendung von Aluminium- und Platinkathoden in einer grossen Anzahl von Messungsreihen bestätigt gefunden. Aufgabe weiterer Messungen wird es sein, für möglichst reine Gase und für verschiedene Metalle die Konstanten K_n, k und $\varkappa$ zu ermitteln und die Funktion $j_n = \varphi(p)$ bez. $f = \chi(i, p)$ festzustellen. Ich betrachte meine Untersuchung darum nicht für abgeschlossen. Weitere Versuche mit einer Pumpe ohne Fettschliffe haben vor allem auch genauere Messungen des Gasdruckes zu geben. Wegen der störenden Fettdämpfe in den bisherigen Versuchen kann ich die Druckmessungen nicht als genau betrachten, und möchte darum vorläufig das Kathodenfallgesetz so formulieren:

$$K = K_n + \frac{k}{p^m \cdot f^{1/2}} (i - \varkappa \cdot p^n \cdot f)^{1/2}.$$

m und n sind Zahlen, die nach den vorliegenden Messungen von 1 sehr wenig verschieden sind.

2. Versuchsanordnung. Um eine gleichmässige Ausbreitung des negativen Glimmlichtes zu erzielen, wurden drahtförmige Kathoden (Aluminiumkathode 12,5 mm lang, 1,8 mm dick, Platinkathode 11,88 mm lang, 0,7 mm dick) verwendet. Als Stromgefäss diente eine Glaskugel von 6,1 cm Radius. Kathode und Anode standen sich in einem Durchmesser gegenüber, die Kathode symmetrisch im Kugelmittelpunkt, die Anode an der Oberfläche 1 cm tief in die Kugel hineinragend. Senkrecht zur Längsrichtung der Kathode waren zwei in Glasröhrchen steckende Sonden eingeführt; die eine für kleine Dunkelräume trat bis auf 1,5 cm an die Kathode heran, die andere für grosse Dunkelräume bis auf 3,5 cm.

Der Stromkreis war folgender: Hochspannungsbatterie von Akkumulatoren, Jodkadmium-Amylalkoholwiderstände, Unterbrecher, Stromgefäss, Mikroampèremeter, Telephon, Batterie. Die Widerstände waren eine weite und vier enge Röhren; diese vier konnten beliebig parallel und hintereinander geschaltet werden. Kleine Kathodenfälle (bis 350 Volt) wurden mit einem Kelvinschen multicellularen Elektrometer gemessen, grosse mit einem Braunschen Elektrometer.

Zur Evakuation diente eine Töpler-Hagen-Pumpe. Die Messung des Druckes erfolgte in der bekannten Weise durch Kompression des verdünnten Gases in das Vorvakuum oder in das Steigrohr; die Ablesungen wurden mit dem Kathetometer gemacht.

3. Kathodenfall und Stromstärke. Bei unvollständiger Bedeckung der Kathode mit Glimmlicht wird der Kathodenfall K gleich K_n, da ja dann $j - j_n = j - \varkappa \cdot p = i - \varkappa \cdot p \cdot f = 0$ ist. Die Kurve (K, i) ist also für $f < f_k$ oder für $i < \varkappa \cdot p \cdot f_k$ bei verschiedenen Drucken dieselbe zur i-Achse parallele Gerade. Das gegebene Kathodenfallgesetz umfasst eben den normalen wie den abnormalen Kathodenfall.

Hier sei folgende Bemerkung eingeschaltet. Durch Ermittelung desjenigen i-Wertes, für den gerade $f = f_k$ geworden ist oder K grösser als K_n zu werden beginnt, lässt sich $j_n = \varkappa \cdot p = i/f_k$ scharf bestimmen.

Für $i > \varkappa \cdot p \cdot f_k$ setzt sich die Kurve (K, i) bei einem bestimmten Druck nicht als Gerade fort, sie geht vielmehr über in den Ast einer Parabel. Durch Umformung des Kathodenfallgesetzes erhält man nämlich

$$(K - K_n)^2 = \frac{k^2}{p^2}(j - \varkappa \cdot p) = \frac{k^2}{p^2 \cdot f}(i - \varkappa \cdot p \cdot f),$$

oder da nunmehr $f = f_k$ ist,

$$(K - K_n)^2 = \frac{k^2}{p^2 \cdot f_k}(i - \varkappa \cdot p \cdot f_k).$$

Das ist aber die Gleichung einer Parabel. Deren Parameter ist $\frac{k^2}{2 p^2 \cdot f}$, ihr Scheitel hat die Abscisse $i_0 = \varkappa \cdot p \cdot f_k$, die Ordinate $K_0 = K_n$.

Zeichnet man in das Achsensystem (K, i) die zu verschiedenen Drucken gehörigen (K, i)-Kurven (Linien gleichen Druckes), so erhält man eine Schar von Kurven von folgenden gegenseitigen Beziehungen.

Sämtliche (K, i)-Kurven bestehen aus einem zur i-Achse parallelen geradlinigen Teil und dem Ast einer Parabel. Die Richtung der Hauptachse sämtlicher Parabeln fällt zusammen und zwar in den geradlinigen Teil der (K, i)-Kurven. Die Abscisse $(i_0 = \varkappa \cdot p \cdot f_k)$ des Scheitels einer jeden Parabel ist eben jener geradlinige Teil. Mit abnehmendem Drucke rückt der Scheitel des Parabelastes, proportional mit p, gegen die K-Achse. Gleichzeitig wächst umgekehrt mit dem Quadrat des Druckes, also sehr rasch, der Parameter $\lambda = \frac{k^2}{2 p^2 f_k}$. Dieser ist ausserdem, wie ersichtlich, umgekehrt proportional der Kathodenoberfläche. Je kleiner diese ist, desto schneller steigt bei demselben Drucke der zugehörige Parabelast an. Alle diese Verhältnisse sind mit einem Blick in den nachstehenden Figuren 1 und 2 zu übersehen.

Die Punkte der nachstehenden Kurven wurden durch einmalige Messung gefunden, an ihnen ist nichts korrigiert. Es wurden für einen jeden Druck nacheinander die Jodkadmiumwiderstände, die einzeln unverändert gelassen wurden, in siebenfach verschiedener Weise zusammen-

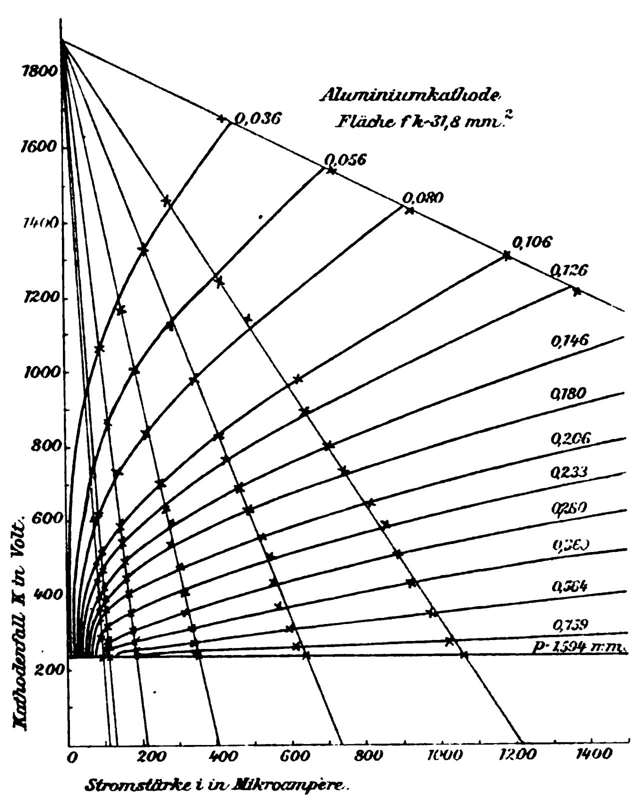


Fig. 1.

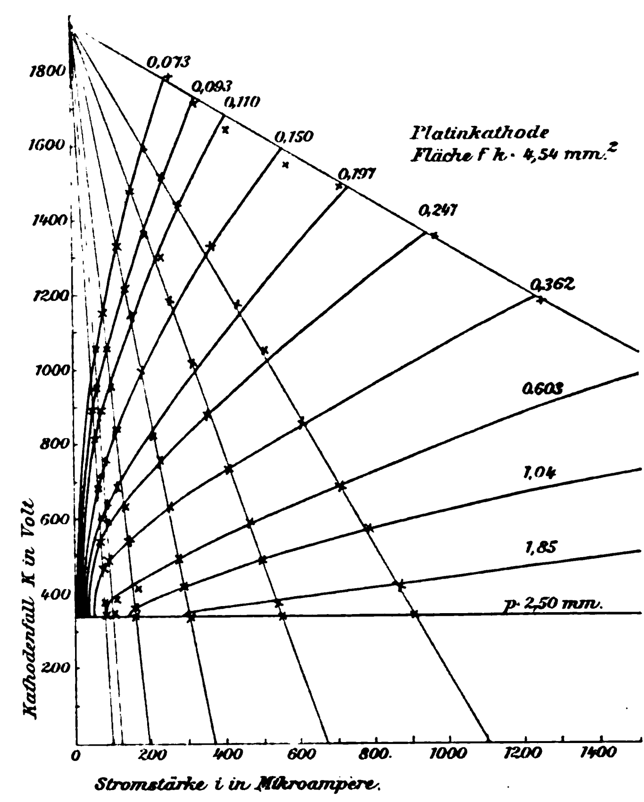


Fig. 2.

geschaltet (weite Röhre allein, die vier engen Röhren parallel, 2 enge Röhren parallel, 1, 2, 3, 4 enge Röhren hintereinander). Für jede der entsprechenden sieben verschiedenen Stromstärken wurde der Kathodenfall bestimmt. Dieses Verfahren lieferte eine Kontrolle für die Genauigkeit der Messungen.

Bezeichnet nämlich E die elektromotorische Kraft der Batterie, r den ausserhalb des Stromgefässes liegenden Ohmschen Widerstand (Vorschaltwiderstand, Widerstand der Leitung und der Batterie), V die Spannungsdifferenz der Elektroden, so gilt nach dem Ohmschen Gesetz:

$$i \cdot r = E - V.$$

V kann eine beliebige Funktion von i und p sein; wenn r und E konstant sind, so ist die (V,i)-Kurve nach der vorstehenden Gleichung eine Gerade, die durch den Punkt E auf der V-Achse geht und mit dieser den Winkel $\varphi = arc\ cotang\ r$ einschliesst. Lässt man E konstant und ändert r, so erhält man ein Büschel von Geraden durch den Punkt $V_0 = E$ auf der V-Achse. Auf diese Beziehung ist bereits von E. Riecke[1]) aufmerksam gemacht worden.

Nun gilt im allgemeinen nicht $V = K$, es ist vielmehr immer $V > K$. Aber bei der gewählten Versuchsanordnung ist entsprechend dem kleinen Abstande zwischen Anode und Kathode der zwischen Anode und negativem Glimmlicht liegende Teil der Spannung, besonders bei niedrigen Drucken, sehr klein im Verhältnis zu K, in der Hauptsache gleich dem Anodenfall von ungefähr 30 Volt. Darum darf man in dem vorliegenden Falle $V = K$ setzen. Man erhält demgemäss für die sieben verschiedenen Werte von r nach der Gleichung $i \cdot r = E - K$ sieben Gerade (V,i) durch den Punkt E auf der K-Achse. E war in der That immer gleich der Spannung der offenen einpolig geerdeten Batterie.

Erklärt sei noch, wie man dazu kam, für den Kathodenfall das falsche Gesetz $K = a + bi$ zu konstatieren. Man dehnte offenbar die Messungen über einen zu kleinen Bereich der Stromstärke, vor allem nicht auf sehr kleine Stromstärken, aus, erhielt darum einen wenig gekrümmten Teil eines Parabelastes und korrigierte diesen dann zu einer Geraden.

4. Kathodenfall und Druck. Wählt man bei verschiedenen Gasdrucken i so, dass $i = j_n f_k = const.$ bleibt, so erhält man nach dem Kathodenfallgesetz gemäss der Gleichung $(K - K_n) \cdot p = k \cdot c = const.$ als (K,p)-Kurve eine gleichseitige Hyperbel. Deren Mittelpunkt liegt in $K_0 = K_n$ auf der K-Achse.

Sind für die verschiedenen Drucke die Werte

1) E. Riecke, Ann. d. Phys. 4, 597, 1901.

von j_n bekannt, so lassen sich in den oben gegebenen (K,i)-Kurven diejenigen Werte von i ermitteln, für welche $i - j_n \cdot f_k = const.$ ist. Da sich indes die $j_n \cdot f_k$ aus jenen Kurven nicht mit Sicherheit entnehmen lassen, so sei darauf verzichtet, das Kathodenfallgesetz bezüglich des Druckes dadurch zu prüfen, dass nach gleichseitigen Hyperbeln auf der (K,i,p)-Fläche gesucht wird.

Es seien die Kurven betrachtet, welche Ebenen senkrecht zur i-Achse auf jener Fläche ausschneiden. Diese Kurven (Linien gleicher Stromstärke) besitzen nach dem Kathodenfallgesetz die Gleichung

$$(K - K_n)\,p = \frac{k}{f^{1/2}}(i - j_n \cdot f)^{1/2} = \frac{k}{f^{1/2}}(i - \varkappa \cdot p \cdot f)^{1/2}.$$

Diese Gleichung stellt keine Hyperbel dar. Für kleine Werte von $\varkappa \cdot p \cdot f$ und grosse Werte von i kann indes $\varkappa \cdot p \cdot f$ neben i vernachlässigt werden, so dass dann als (K,p)-Kurve ein Stück einer gleichseitigen Hyperbel sich ergiebt. Dieser Fall tritt ein bei niedrigen Drucken und kleiner Kathodenoberfläche. Die nachstehenden Kurven (Fig. 3 und 4), die aus den (K,i)-Kurven erhalten wurden, lassen in der That dies erkennen.

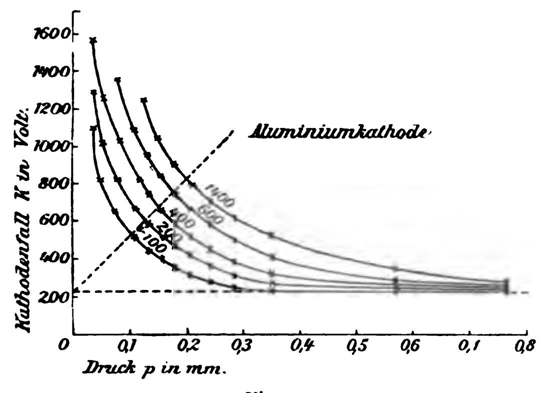


Fig. 3.

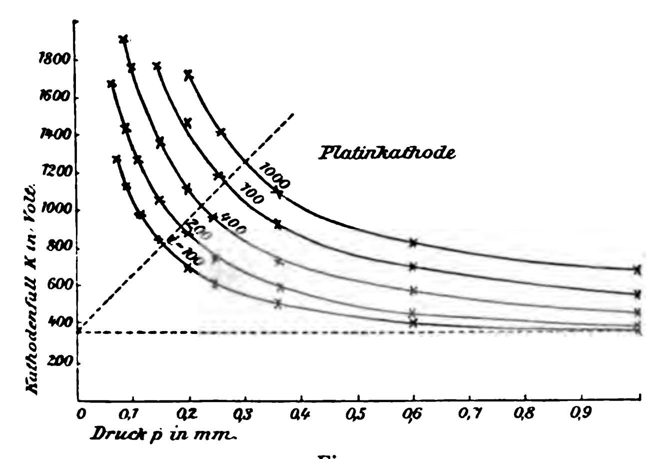


Fig. 4.

Die Fortsetzung jenes hyperbolischen Stückes in den Bereich grösserer Drucke deckt sich indes nicht mehr mit dem Zuge der wirklichen (K,p)-Kurve; vielmehr sind ihre Ordinaten grösser als die wirklichen K-Werte. Die (K,p)-Kurve, oder gleich allgemein die verschiedenen (K,p)-Kurven für verschiedene i-Werte laufen in dieselbe Gerade aus, nämlich parallel zur p-Achse im Abstand $K = K_n$.

5. Schlussbemerkung. An anderer Stelle[1]) habe ich bereits darauf hingewiesen, dass das Ohmsche Differentialgesetz und darum auch das Ohmsche Integralgesetz für verdünnte durchströmte Gase, vor allem an der Kathode, nicht mehr gilt. Bezeichnet V die Spannungsdifferenz, r den Widerstand, E_i eine innere elektromotorische Kraft zwischen zwei Querschnitten eines gewöhnlichen Leiters, so gilt nach dem Ohmschen Integralgesetz:

$$V = E_i + i \cdot r.$$

Nach dem Kathodenfallgesetz für Gase gilt

$$K = K_n + \frac{k}{p \cdot f^{1/2}}(i - j_n \cdot f)^{1/2}.$$

Es sei darauf hingewiesen, dass mit dem Kathodenfallgesetz zum ersten Male ein Gesetz für einen Teil des Glimmstromes gewonnen ist, das analog dem Ohmschen umfassend ist, indem es für einen grossen Bereich der Stromstärke und des Druckes gilt. Ja es dürfte die Basis für ein allgemeines Integralgesetz des Glimmstromes werden.

Jetzt schon stellt das Kathodenfallgesetz mit Annäherung das Gesetz für einen Glimmstrom dar, dessen positiver Teil so verkürzt ist, wie bei der hier gewählten Versuchsanordnung.

Die Spannungsdifferenz zwischen den Elektroden des Stromgefässes sei V, die zwischen dem negativen Glimmlicht und der Anode liegende Spannung sei P. Es gilt dann als allgemeines Integralgesetz für einen Glimmstrom

$$V = K + P = K_n + \frac{k}{p \cdot f^{1/2}}(i - j_n \cdot f)^{1/2} + P.$$

Behufs Gewinnung dieses Gesetzes wird es eine weitere Aufgabe sein, das Integralgesetz des positiven Teiles eines Glimmstromes zu ermitteln, P als Funktion von Stromstärke, Druck, Querschnitt und Länge des Stromgefässes darzustellen.

1) Ann. d. Phys. **5**, 793, 1901.

Göttingen, 19. Oktober 1901.

(Eingegangen 13. November 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

Paul Stäckel (Kiel), Bericht über die Entwicklung des Unterrichtsbetriebes in der angewandten Mathematik an den deutschen Universitäten.[1])

Auf der Jahresversammlung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung in München (1899) war in Aussicht genommen worden, dass in etwa zwei Jahren ein Bericht über die inzwischen getroffenen Einrichtungen für den Unterrichtsbetrieb in der angewandten Mathematik an den einzelnen Universitäten erstattet werden sollte. Der Aufforderung des Vorstandes, den Bericht zu übernehmen, bin ich gern nachgekommen und habe durch Anfragen bei den Fachgenossen das erforderliche Material gesammelt; allen den Herren, die mir so bereitwillig Auskunft gegeben haben, möchte ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen.

Als ich daran ging, den so gewonnenen Stoff zu verarbeiten, erkannte ich bald, dass, wenn mehr als Zusammenstellungen statistischer Daten gegeben, wenn vielmehr die Veränderungen, die während der letzten Jahre eingetreten sind, mit tieferem Verständnis betrachtet und dargestellt werden sollten, weitere, rückwärtsgreifende geschichtliche Studien notwendig seien.[2]) Da ich glaube, dass gegenwärtig, wo die Fragen des Unterrichts wieder Interesse und Bedeutung erlangt haben, eine Orientierung manchem willkommen sein wird, erlaube ich mir, dem eigentlichen Bericht eine historische Einleitung vorauszuschicken; ich werde mich dabei auf Deutschland beschränken, möchte aber darauf hinweisen, dass auch in anderen Ländern, besonders in Frankreich, ähnliche Entwicklungen stattgefunden haben.

Wenn man die Vorlesungsverzeichnisse der deutschen Universitäten aus dem Beginn des 19. Jahrhunderts durchsieht, so zeigt sich, dass das Niveau der mathematischen Vorlesungen recht niedrig stand. Es wird regelmässig „Reine Mathematik", d. h. ein Kursus der elementaren Mathematik gelesen, der durch besondere Vorlesungen über Stereometrie und ebene und sphärische Trigonometrie ergänzt wird. Der höhere Kursus besteht lediglich aus einer häufig nur einsemestrigen Vorlesung über Differential- und Integralrechnung. Daneben findet man aber ebenso regelmässig Vorlesungen über „Angewandte Mathematik" angekündigt. Darunter ist ein für moderne Begriffe ziemlich ausgedehnter Komplex von Disziplinen zu verstehen, unter denen die Mechanik am wichtigsten ist, genauer: Elemente der Mechanik, vom Standpunkte praktischer Anwendungen aufgefasst; einen deutlichen Begriff von dem Inhalte solcher Vorlesungen giebt die 1858 erschienene Einleitung in die Mechanik von Lübsen. In Göttingen scheinen sich Vorlesungen über angewandte Mathematik am längsten erhalten zu haben, denn noch für das Wintersemester 1856/57 wurden sie von Ulrich angezeigt. Zur angewandten Mathematik gehörten ebenfalls die ständigen Vorlesungen über praktische Geometrie oder Feldmessung. Auch beschreibende Geometrie wurde gelegentlich gelesen, besonders in Berlin; so im Sommersemester 1812 von dem Akademiker Gruson, in den folgenden Jahren wiederholt von dem Privatdozenten Lubbe.

Geht man in den Vorlesungsverzeichnissen weiter, so stellt sich heraus, dass die elementare und mit ihr die angewandte Mathematik allmählich verschwinden und an ihre Stelle Disziplinen der höheren und höchsten Mathematik treten. Diese Umwandlung hat sich etwa in den Jahren 1830 bis 1860 erst langsam, dann mit steigender Geschwindigkeit vollzogen, wobei die Universitäten Königsberg und Berlin den Anfang machten. Nach einer weit verbreiteten Auffassung soll der Umschwung dadurch hervorgerufen worden sein, dass Jacobi und Dirichlet nicht nur, den Fortschritten der Mathematik entsprechend, den Kreis der Vorlesungen erheblich erweiterten, sondern es auch wagten, über Gegenstände ihrer eigenen Forschungen vorzutragen, und dass sie es verstanden, die akademische Jugend dafür zu begeistern. Nichts liegt mir ferner, als die Verdienste dieser grossen Männer herabsetzen zu wollen, allein mir scheint, dass ein wesentliches Moment in der Schilderung des thatsächlichen Verlaufes der Entwicklung übersehen wird, wenn man jenen Umschwung nicht vom Standpunkte der Gesamtgeschichte des gelehrten Unterrichts betrachtet.

Durch das Edikt vom 12. Juli 1810 war in Preussen das Examen pro facultate docendi eingeführt und damit die Schaffung eines selbständigen Standes der Gymnasiallehrer begonnen worden. Die erste Prüfungsordnung besagte einfach, dass jeder Kandidat in den philologischen, historischen und mathematischen Fächern geprüft und ihm über seine Kenntnisse ein Zeugnis ausgestellt werden sollte. Demnach mussten damals alle künftigen Lehrer wenigstens die Elemente mathematischer Bildung sich

1) Abteilung I, 25. Septr. 1901.

2) Dabei ist mir Paulsens Geschichte des gelehrten Unterrichts (2. Auflage, Leipzig 1897) von Nutzen gewesen, dessen Ausführungen freilich gerade nach der mathematisch-naturwissenschaftlichen Seite einer Ergänzung bedürfen.

zu eigen machen, und dieser Forderung entsprachen die vorher geschilderten Einrichtungen des Unterrichtsbetriebes an den Universitäten.

Eine Scheidung verschiedener Fächer findet sich erst in der zweiten Prüfungsordnung vom 20. April 1831, die bestimmt, dass die Prüfung sich auf folgende Gegenstände erstrecken solle: Erstens alte Sprachen und Deutsch mit Einschluss von Hebräisch, zweitens Mathematik und Naturwissenschaften, drittens Geschichte und Geographie. Kein Kandidat dürfe die Prüfung in einem der drei Fächer ablehnen, allein es werde nicht erwartet, dass er in jedem das gleiche leiste, und es genüge ein Hauptfach. Wer jedoch an einer Realschule Mathematik und Naturwissenschaften zu lehren vorhabe, der dürfe die Prüfung im Griechischen und Hebräischen gänzlich ablehnen. Diese Bestimmungen bedeuteten, dass von jetzt an unter den Gymnasiallehrern eine Scheidung in fachmässig gebildete Philologen, Mathematiker und Historiker eintrat.

Die Rückwirkung auf die Universitäten blieb nicht aus. Während vorher ein der philosophischen Fakultät angehörender Student Vorlesungen über alle darin vertretenen Disziplinen mit Nutzen hören konnte, wurden diese jetzt auf die künftigen Fachmänner berechnet, und das hat zur Folge, dass die Studenten ihre Thätigkeit mehr und mehr auf die Vorlesungen ihres Faches konzentrieren.

Die so eingetretene Spezialisierung der Studien ist durch die dritte Prüfungsordnung vom Jahre 1866 legalisiert worden. In ihr wird die für jeden Kandidaten des höheren Schulamts erforderliche „allgemeine" Bildung auf Religion, Geschichte, Philosophie und Pädagogik beschränkt und davon die Fachbildung geschieden, bei der mannigfache Verbindungen von Einzelfächern zulässig sind; auch bei den folgenden Prüfungsordnungen aus den Jahren 1887 und 1898 ist dieser Grundsatz beibehalten worden.

Die im vorhergehenden angeführten Thatsachen scheinen mir zu beweisen, dass die Prüfungsordnung vom Jahre 1831 an den philosophischen Fakultäten für spezifisch mathematische Vorlesungen Raum geschaffen hat, und dass sie, indem Männer wie Jacobi, Dirichlet und deren Nachfolger Gelegenheit zu einer fruchtbaren Lehrthätigkeit fanden, für die Weiterentwicklung der Mathematik selbst höchst segensreich gewirkt hat. Dabei verkenne ich keineswegs, dass die Prüfungsordnung allein dafür nicht verantwortlich gemacht werden darf, dass vielmehr der treibende Grund, warum eine Scheidung von Fächern stattgefunden hat, das rasche Wachstum und die immer stärkere Differentiierung der verschiedenen Zweige der mathematisch-naturwissenschaftlichen und historischen Disziplinen gewesen ist. Das Hauptgewicht möchte ich darauf legen, festzustellen, dass die Aufgabe, die den philosophischen Fakultäten seit Beginn des 19. Jahrhunderts übertragen worden war: den Lehrern an den höheren Schulen die wissenschaftliche Vorbildung zu geben — denn bis dahin waren die philosophischen Fakultäten nur die allgemein-wissenschaftliche Vorschule für die drei „oberen" Fakultäten gewesen und die Lehrer waren aus den theologischen Fakultäten hervorgegangen —, dass diese neue Aufgabe der Erfüllung der alten: die wissenschaftliche Forschung fortzupflanzen, nicht nur nicht hinderlich gewesen ist, sondern sie in hohem Grade gefördert hat.

Während in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts und noch etwas darüber hinaus die Entwicklung der philosophischen Fakultäten sich in beständiger Wechselwirkung mit derjenigen der höheren Schulen vollzogen hat, bietet der Schlussabschnitt des Jahrhunderts ein ganz anderes Bild. Auf den ersten Blick fällt freilich eine Analogie ins Auge: der fortschreitenden Spezialisierung der Fächer an den Universitäten entspricht eine fortschreitende Spezialisierung der höheren Schulen. Neben die Gymnasien treten die Realgymnasien und Oberrealschulen und gewinnen allmählich immer grössere Bedeutung. Ausserdem aber werden Schulen für besondere Bedürfnisse der Praxis gegründet, höhere Fachschulen; ich nenne etwa Baugewerkschulen, Maschinenbauschulen, Seefahrtschulen. Auch diese neuen Triebe am Organismus des Unterrichtswesens haben sich bereits als lebens- und entwicklungsfähig erwiesen. Trotz dieser äusseren Ähnlichkeit ist jedoch ein innerer Gegensatz vorhanden, der besonders scharf bei der Mathematik zum Ausdruck kommt. Während die neuen Schulen der Praxis dienen wollen, werden an den Universitäten gerade die abstraktesten Gebiete der Mathematik bevorzugt, und es kommt zu einer häufig unbewussten, gelegentlich aber auch mit aller Entschiedenheit gewollten Abkehrung von den Anwendungen.

Die Folge dieses Verhaltens der Universitäten ist gewesen, dass für die Vorbildung der Lehrer an den höheren Schulen nicht mehr in ausreichender Weise gesorgt wurde. Das zeigt sich vor allem bei der darstellenden Geometrie, denn in die Lehrpläne der Realgymnasien und Oberrealschulen war als Unterrichtsgegenstand für die obere Stufe Stereometrie nebst den Grundlagen der darstellenden Geometrie aufgenommen worden, und in den zugehörigen methodischen Bemerkungen wurde gefordert, dass der stereometrische Unterricht das Verständnis projektivischen Zeichnens vorbereiten und unterstützen solle. In der That ist eine

gründliche Ausbildung der Raumanschauung für die künftigen Techniker von allergrösstem Werte; welche Schwierigkeiten vielen Humanisten, die sich der Technik widmen wollen, aus dem Mangel daraus erwachsen, hat Herr Slaby mit beredten Worten in dem Gutachten geschildert, das er für die Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichts im Juni 1900 erstattet hat. Angesichts einer solchen Sachlage ist es auf das lebhafteste zu bedauern, dass — von wenigen Ausnahmen abgesehen — die preussischen Universitäten der darstellenden Geometrie keinen Platz eingeräumt haben. Viele Lehrer der Mathematik haben die dadurch verursachte Lücke in ihrer Ausbildung schmerzlich empfunden, besonders den Mangel an zeichnerischer Fertigkeit, die sich anzueignen in den späteren Lebensjahren sehr schwer, ja manchmal unmöglich ist.

Welche Konsequenzen man in den Kreisen der Lehrer aus diesem Verhalten der Universitäten gezogen hat, zeigt eine Äusserung eines als tüchtiger Mathematiker anerkannten Schulmanns, die bald nach dem Erlass der Prüfungsordnung vom 12. September 1898 auf einer preussischen Direktorenkonferenz gefallen ist: „Die Fachlehrer der Mathematik werden, wie zu hoffen steht, von der neuen Einrichtung, während eines Teiles ihrer Studienzeit die technischen Hochschulen besuchen zu dürfen, in Zukunft ausgiebig Gebrauch machen. Der technischen Hochschule wird hauptsächlich die Ausbildung der Mathematiker in der darstellenden Geometrie, im Zeichnen, in der graphischen Statik und in der Geodäsie zufallen." Von diesem Standpunkte aus ist es nur ein Schritt zu der Forderung, dass die gesamte Ausbildung der Lehramtskandidaten der Mathematik den technischen Hochschulen übertragen werde solle, wobei man sich darauf beruft, dass in Bayern, Hessen, Sachsen und in der Schweiz bereits technische Hochschulen als Lehrerbildungsanstalten mit den philosophischen Fakultäten in Konkurrenz getreten sind. Freilich bestehen dort im Anschluss an die allgemein-wissenschaftlichen Abteilungen für diesen Zweck besondere Einrichtungen, an denen es in Preussen bis jetzt gänzlich mangelt.

Hierin liegt der Grund, warum die Zulassung eines teilweisen Studiums an den technischen Hochschulen in Preussen geringen Erfolg haben wird. Die Erfahrung hat wiederholt gezeigt, dass Studenten der Mathematik, die sich an einer der technischen Hochschulen Preussens die für die Facultas in der angewandten Mathematik erforderlichen Kenntnisse und Fertigkeiten aneignen wollten, enttäuscht nach der Universität zurückkehrten, indem sich bald herausgestellt hatte, dass sie bei dem allein für die Bedürfnisse der Techniker berechneten Unterrichtsbetriebe ihren Zweck nur mit unverhältnismässigem Aufwande von Zeit und Arbeit hätten erreichen können. Weit eher ist eine andere Wirkung jener Bestimmung zu erwarten, dass nämlich in Zeiten der Überfüllung des technischen Berufs und ungünstiger Konjunkturen der Industrie mancher Techniker umsatteln und unter Anrechnung der drei Semester zur Universität übergehen wird.

Dass an den technischen Hochschulen Preussens für die Bedürfnisse der Lehramtskandidaten gesorgt werden wird, erscheint vorläufig wenig wahrscheinlich. Einmal verhalten diese selbst sich durchaus ablehnend, dann aber ist im Laufe der letzten Jahre in der Haltung der Universitäten eine wesentliche Änderung vorgegangen. Den Anstoss dazu hat Herr Felix Klein gegeben, der schon während seiner Lehrthätigkeit in Erlangen (1872—1875) und ebenso nachher in Leipzig (1881—1886) der Pflege der angewandten Mathematik seine Aufmerksamkeit zugewandt hatte, dann aber im Laufe der letzten zehn Jahre durch das Wort und die That mit aller Energie dafür eingetreten ist. Wenn sich jetzt eine Universität nach der andern dem Vorgehen von Göttingen anschliesst, so betrachte ich das als ein Zeichen, dass die deutschen Universitäten gewillt sind, um die von ihnen beanspruchte führende Stellung in dem geistigen Leben der Nation zu behaupten, der Fortbildung des höheren Schulwesens auch ihrerseits ihr Recht zu teil werden zu lassen, und bin der festen Überzeugung, dass dieser Entschluss nicht weniger glückliche Folgen für die mathematische Wissenschaft haben wird, als zu Anfang des 19. Jahrhunderts die Übernahme der Vorbildung der Gymnasiallehrer. Denn wenn auch der spezialistischen Pflege der Mathematik die grossen Fortschritte zu verdanken sind, die während der letzten 70 Jahre gemacht wurden, so muss doch die völlige Isolierung und Abschliessung von der Aussenwelt auf die Dauer zu Verödung und Unfruchtbarkeit führen. Ich komme damit auf ein Thema, das in den letzten Jahren vielfach behandelt worden ist, besonders von Herrn F. Klein, von dessen Veröffentlichungen ich den Vortrag erwähnen möchte: Allgemeines über angewandte Mathematik[1]), der in dem interessanten Sammelbande der Ostern 1900 bei Gelegenheit des Ferienkursus der Oberlehrer für Mathematik und Physik in Göttingen gehaltenen Vorträge abgedruckt ist.[2])

Es war mein lebhafter Wunsch gewesen, den vorhergehenden Darlegungen eine präzisere Form zu geben, sie nämlich mit statistischen

1) Vgl. diese Zeitschr. **2**, 13, 1900.

2) Sehr beachtenswert sind auch die Ausführungen von Herrn Paul Tannery in seiner Besprechung des Werkes von Loria über die Geschichte der griechischen Mathematik (Bulletin des Sciences mathématiques (2) **25**, 1901, 85—90).

Angaben zu versehen. Im besonderen schien es mir von Wichtigkeit, festzustellen, an welchen Unterrichtsanstalten Deutschlands mathematisch vorgebildete Lehrer beschäftigt sind und wieviele, und wie gross daher die Anzahl der Studenten der Mathematik sein muss, damit weder Mangel noch Überfüllung eintritt. Leider hat sich herausgestellt, dass die Aufstellung einer solchen Statistik, die schwieriger ist, als es beim ersten Blick erscheinen mag, wenn sie auf Zuverlässigkeit und Vollständigkeit Anspruch machen will, die Kräfte des einzelnen bei weitem übersteigt.[1]) Es wäre sehr zu wünschen, dass der Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften sich dieser wichtigen Angelegenheit annehmen wollte.[2])

Bei dem Unterrichtsbetrieb in der angewandten Mathematik handelt es sich gemäss der Prüfungsordnung vom 12. September 1898 um drei Gebiete: Darstellende Geometrie, Geodäsie, technische Mechanik. Nach den Erfahrungen, die bis jetzt gemacht sind, würden die Vorlesungen etwa in der Weise zu verteilen sein, dass zunächst in einem Wintersemester eine grössere, mit Übungen verbundene Vorlesung über darstellende Geometrie gehalten wird, der im Sommersemester eine kleinere ergänzende Vorlesung folgt; gleichzeitig damit könnte auch graphische Statik oder Kinematik gelesen werden, die vielfach in denselben Händen wie die darstellende Geometrie liegen. Im folgenden Wintersemester würde die technische Mechanik an die Reihe kommen, und den Schluss des Turnus im vierten Semester die niedere Geodäsie bilden, da Feldmessungen nur während des Sommers vorgenommen werden können. Dazu kämen weitere Vorlesungen über spezielle Gebiete der technischen Mechanik, sowie über Ausgleichungsrechnung und höhere Geodäsie, die an geeigneter Stelle einzuschalten wären. Ungefähr in dieser Art ist der Unterrichtsbetrieb in Göttingen und Strassburg geregelt.

1) Auf die Wichtigkeit einer solchen Statistik hat bereits Herr Schoenflies in einem mit grosser Sachkenntnis geschriebenen Artikel aufmerksam gemacht, der in Bd. 69 der Preussischen Jahrbücher erschienen ist. Eine nützliche Vorarbeit ist der von Kunze begründete und gegenwärtig von den Herren Toeplitz und Malberg herausgegebene Kalender für das höhere Schulwesen Preussens. Er erstreckt sich jedoch nur auf die Gymnasien, Realgymnasien und Oberrealschulen Preussens, es fehlen also die anderen deutschen Staaten und die höheren Fachschulen.

2) Dabei müssten alle Lebensstellungen, die sich für einen Mathematiker darbieten, in Betracht gezogen werden, also nicht nur die Thätigkeit an höheren Schulen (Universitäten und technische Hochschulen eingeschlossen), sondern auch an anderen Instituten, etwa an Bergakademien und landwirtschaftlichen Hochschulen, Kriegs- und Marineakademien, an der physikalisch-technischen Reichsanstalt und den Potsdamer geodätisch-astronomischen Instituten; dazu kommt die Verwendung von Mathematikern für Zwecke der Optik, Elektrotechnik, Ballistik, des Versicherungs- und Bankwesens u. s. w.

Da für die Vorbildung der Lehrer in Süddeutschland abweichende Vorschriften gelten, werde ich mich bei dem folgenden ausführlichen Berichte auf die zehn preussischen Universitäten — Münster eingerechnet — beschränken, und nur Giessen, Jena und Strassburg hinzunehmen, wo die Verhältnisse ähnlich liegen; Leipzig kommt leider nicht mehr in Betracht, da die Pflege der angewandten Mathematik dort in Vergessenheit geraten ist.

Recht erfreulich steht es mit der darstellenden Geometrie, denn es ist Aussicht vorhanden, dass sie von Ostern 1902 ab fast an allen Universitäten vertreten sein wird; nur die Universität Berlin scheint in dieser Beziehung rückständig bleiben zu wollen. Die besten Einrichtungen für darstellende Geometrie besitzt Göttingen. Während früher ein besonderer Zeichensaal im Auditoriengebäude zur Verfügung stand, ist jetzt — der starken Frequenz der Vorlesungen entsprechend — ein ganzes Stockwerk eines besonderen Gebäudes für die Zwecke der darstellenden Geometrie eingerichtet worden; auch für die Anfertigung mathematischer Modelle findet sich dort Gelegenheit. Besondere Zeichensäle sind auch in Bonn und in Jena vorhanden; der in Bonn ist allerdings nur im Sommer benutzbar. An den anderen Universitäten hat man sich mit den Räumen der mathematischen Seminare begnügen müssen, die zunächst auch ausreichend sein werden. Übrigens ist es ratsam, mit den zur Verfügung stehenden Mitteln — auch wenn sie mangelhaft sind — einmal den Anfang zu machen. Später wird jedoch überall die Einrichtung besonderer Zeichensäle anzustreben sein, da den Studenten die Möglichkeit gegeben werden muss, auch ausserhalb der Übungsstunden nach freiem Ermessen zeichnen zu können.

Für die Beschaffung der erforderlichen Utensilien sind seitens der vorgesetzten Behörden mehrfach Geldmittel bewilligt worden. Im allgemeinen waren Zeichentische und -stühle anzuschaffen, dazu kamen Zeichengeräte für die Wandtafel, Reissbretter und Reissschienen. In Strassburg hat der Gesamtaufwand etwa 18 M. für den Teilnehmer betragen; an anderen Universitäten sind die Kosten höher gewesen. In Königsberg ist man mit den Anschaffungen noch weiter gegangen, dort sind den Studenten Reisszeuge und andere Zeichenutensilien zur Verfügung gestellt worden.

Während die Vorlesungen über darstellende Geometrie an den Universitäten Bonn, Göttingen, Halle, Jena, Strassburg lebhaft besucht waren, wird an anderen Orten darüber geklagt, dass die Studenten keine Neigung dafür zeigten, wahrscheinlich, weil sie von dem Zweck und der Bedeutung der darstellenden Geometrie

keine Ahnung hatten. Es wird Sache der Professoren sein, die Studenten der Mathematik auf die Wichtigkeit dieser Disziplin aufmerksam zu machen, indem sie ihnen z. B. darlegen, dass jeder Mathematiker, im besonderen aber jeder Lehrer der Mathematik, die Fähigkeit besitzen sollte, nicht nur richtig zu rechnen, sondern auch richtig zu zeichnen, und darauf hinweisen, dass die neuen Lehrpläne vom Jahre 1901 für die Prima des Gymnasiums eine „Anleitung zum perspektivischen Zeichnen räumlicher Gebilde" als Lehraufgabe vorschreiben, für die Prima der Realgymnasien aber, nachdem in der Sekunda eine solche Anleitung vorausgegangen ist, die „Grundlehren der darstellenden Geometrie" fordern und bei den Oberrealschulen eine Weiterführung der darstellenden Geometrie zulassen[1]); auch könnte erwähnt werden, dass die Aneignung dieser Disziplin die Aussicht auf Anstellung an höheren Fachschulen eröffnet. Gelegentliche mündliche Belehrungen dieser Art werden sehr nützlich sein; sie sollten jedoch durch gedruckte Studienpläne ergänzt werden. Wenn schon an sich gerade für Mathematiker behufs zweckmässigen Ganges der Studien eine Anleitung bei der Wahl der Vorlesungen wünschenswert ist, so wird sie gegenwärtig, wo neue Disziplinen hinzutreten, zur dringenden Notwendigkeit. Ich möchte mich daher der Aufforderung anschliessen, die Herr F. Klein in München an die Fachgenossen gerichtet hat, dass in ähnlicher Weise, wie es bereits in Göttingen und Strassburg geschehen war — und, füge ich hinzu, wie es inzwischen in Greifswald und Jena geschehen ist und für Königsberg (unter Benutzung eines älteren Entwurfs) in naher Aussicht steht — überall Studienpläne ausgearbeitet würden, für deren Gestaltung im einzelnen die individuellen Verhältnisse der Universitäten massgebend sein müssen. In Breslau und Göttingen hat man für die angewandte Mathematik etwas Besonderes gethan, dort sind neuerdings Ratschläge über das Lehramtsexamen in diesem Fache an die Studenten der Mathematik verteilt worden, in denen die Bestimmungen der Prüfungsordnung erläutert und die zu hörenden Vorlesungen angegeben werden.

Die Gewinnung von Lehrkräften für die darstellende Geometrie ist verhältnismässig leicht gelungen, da sich hier jüngeren Mathematikern eine günstige Gelegenheit zu akademischer Thätigkeit bietet. In Halle, Kiel, Königsberg, Marburg haben sich Privatdozenten habilitiert, die für dieses Fach besonders vorgebildet waren. In Strassburg hat man den Privatdozenten die Möglichkeit gegeben, ein Semester an einer technischen Hochschule zuzubringen und deren Unterrichtsbetrieb kennen zu lernen. Ein Lehrauftrag für darstellende Geometrie ist bis jetzt nur in Giessen, Göttingen und Jena erteilt worden; es ist jedoch nicht daran zu zweifeln, dass, sobald erst eine erfolgreiche Lehrthätigkeit in der darstellenden Geometrie nachgewiesen werden kann, auch an den anderen Universitäten das gleiche geschehen wird.

Was den Inhalt der Vorlesungen angeht, so giebt die Forderung der Prüfungsordnung: Kenntnis der darstellenden Geometrie bis zur Lehre von der Centralprojektion einschliesslich und entsprechende Fertigkeit im Zeichnen der Individualität des Dozenten freien Spielraum. Dementsprechend herrscht grosse Mannigfaltigkeit. Der eine legt besonderen Wert auf die Ausbildung der technischen Fertigkeit, der andere bevorzugt die theoretische Erfassung der Methode, der dritte sucht die darstellende Geometrie in möglichst enge Beziehung zu anderen mathematischen Disziplinen, besonders der projektiven Geometrie und der analytischen Geometrie des Raumes zu bringen. Wenn erst mehr Erfahrungen gesammelt sein werden, wird es Aufgabe der Deutschen Mathematiker-Vereinigung sein, Gelegenheit zu gegenseitigem Meinungsaustausch zu geben, denn sie hat ja den Zweck, die verschiedenen Teile und zerstreuten Organe der Wissenschaft in lebensvolle Verbindung und Wechselwirkung zu setzen.

Weniger Günstiges ist über Geodäsie zu berichten, deren Einführung an den Universitäten vielfach auf Schwierigkeiten stösst. Am besten steht es mit den Vorlesungen über höhere Geodäsie und Ausgleichungsrechnung, die nicht wenige Mathematiker zu übernehmen im stande sind und für die Astronomen, zum Teil auch Physiker, helfend eintreten können. Bedenklicher wird es bei der niederen Geodäsie, da die Ausführung von Messungen im Gelände einen ziemlich kostspieligen Apparat (Theodoliten u. s. w.) erfordert. In Göttingen ist es gelungen, Mittel flüssig zu machen, um die Sammlung mathematischer Apparate und Modelle in diesem Sinne zu erweitern; die betreffende Abteilung ist in demselben Gebäude, wie die darstellende Geometrie untergebracht. In Breslau, Jena und Strassburg hat man die geodätischen Übungen an die Sternwarte angliedern können. In Bonn und Halle bietet sich die Möglichkeit, landwirtschaftliche Dozenten, in Giessen forstwissenschaftliche heranzuziehen; in Kiel wird, entsprechend den maritimen Interessen Nordwestdeutschlands, die nautische Seite zu bevorzugen und Anschluss an die Marine zu erstreben sein.

---

1) Wie der Unterricht im perspektivischen Zeichnen und in der darstellenden Geometrie gehandhabt werden soll, darüber sind die Ansichten der Lehrer noch sehr geteilt. Das zeigen die Verhandlungen des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften, die im vorigen Jahre in Hamburg stattgefunden haben; einen Bericht hierüber findet man in den von dem Verein herausgegebenen, sehr lesenswerten Unterrichtsblättern, Jahrg. 1900.

Am wenigsten befriedigend ist der Zustand des Unterrichtsbetriebes in der technischen Mechanik. Wenn man von der graphischen Statik absieht, für die keine besonderen Veranstaltungen erforderlich sind, sobald für die darstellende Geometrie gesorgt ist, so sind nur in Giessen, Göttingen, Halle und Strassburg mit Übungen verbundene Vorlesungen über technische Mechanik abgehalten worden. Diesen Universitäten wird sich demnächst Jena anreihen, wo ein besonderes Institut für technische Physik erbaut werden soll.

Die erste Schwierigkeit, die bei der technischen Mechanik vorliegt, besteht in der Beschaffung der erforderlichen instrumentellen Einrichtung. Sie ist nicht so gross, als man vielfach glaubt. So umfangreiche und kostspielige Institute wie in Göttingen werden freilich für andere Universitäten nicht zu erschwingen sein, sie sind aber auch für den gewöhnlichen Betrieb nicht notwendig. Es genügt, wenn seitens der Physiker, die freilich vielfach der Pflege der angewandten Mathematik an den Universitäten noch gleichgültig, wenn nicht unfreundlich gegenüberstehen, die Benutzung der Institute und ihrer Einrichtungen gestattet wird und wenn einige Demonstrationsapparate angeschafft werden, deren Kosten — nach dem Urteil Sachverständiger — die Höhe von 1000 M. nicht überschreiten werden. An manchen Orten werden sich Erleichterungen bieten, z. B. wo landwirtschaftliche Institute maschinentechnische Einrichtungen besitzen; in Kiel wird vielleicht die im Entstehen begriffene höhere Schiffs- und Maschinenbauschule von Nutzen sein.

Weit ernsthafter ist die zweite Schwierigkeit, geeignete Lehrkräfte zu finden. Die Dozenten der Mathematik sind fast alle rein theoretisch ausgebildet, und nur wenigen wird es gelingen, sich nachträglich in die technische Mechanik einzuarbeiten. Gegen Ingenieure ist in den meisten Fällen einzuwenden, dass ihnen diejenige mathematische Vorbildung fehlt, die bei akademischen Vorlesungen über technische Mechanik notwendig ist. Man wird sich daher bescheiden müssen und nur auf die allmähliche Besserung rechnen dürfen, die dadurch herbeigeführt werden wird, dass wenigstens an einigen Universitäten die technische Mechanik, hier aber zum Teil in ganz ausgezeichneter Weise, vertreten ist. Die neue Generation der Mathematiker wird dort Gelegenheit finden, sich in diesem Fache zweckmässig auszubilden, und es werden später Privatdozenten der Mathematik die betreffenden Vorlesungen und Übungen übernehmen können.

Bis jetzt sind nur wenige Kandidaten für die facultas docendi in der angewandten Mathematik zur Prüfung gelangt, in Berlin-Charlottenburg zwei, in Göttingen einer, und ihre Zahl wird wahrscheinlich während der nächsten Jahre gering bleiben. Die Frage, wie die ziemlich weiten Bestimmungen der Prüfungsordnung gehandhabt werden sollen, ist daher gegenwärtig noch nicht brennend. Dagegen werden einige Mitteilungen über die Examinatoren in der angewandten Mathematik von Interesse sein. Nur für die Provinzen Ost- und Westpreussen und Pommern ist es noch nicht gelungen, die Stellen in der Prüfungskommission zu besetzen. Bei den übrigen acht Kommissionen giebt es neun Examinatoren, da Schlesien deren zwei aufweist. Von ihnen gehört einer dem Lehrkörper eines Gymnasiums an, einer dem einer technischen Hochschule, zwei sind Direktoren von Maschinenbauschulen und fünf Universitätsprofessoren. Auch in diesem Zahlenverhältnis kommt der gute Wille der Universitäten zum Ausdruck, den Unterrichtsbetrieb in der angewandten Mathematik zu fördern, für dessen weitere Entwicklung nunmehr eine sichere Grundlage gewonnen ist.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 11. Oktober 1901.)

O. Lummer und E. Pringsheim (Berlin), Temperaturbestimmung mit Hilfe der Strahlungsgesetze. (Vorgetragen von E. Pringsheim.)[1]

Auf der letzten Versammlung in Aachen konnte ich der physikalischen Abteilung die Resultate unserer Versuche über die schwarze Strahlung bei langen Wellen, zwischen 12 μ und 18 μ vorlegen[2], durch welche der Nachweis erbracht war, dass die Wiensche Spektralgleichung keine allgemeine Gültigkeit hat, und dass auch die auf dem Gebiete der kürzeren Wellen von uns beobachteten Abweichungen von dieser Gleichung real waren. Inzwischen haben — nachdem auch die Herren Rubens und Kurlbaum durch Versuche mit einigen noch längeren Wellen zu analogen Resultaten gelangt waren — alle diejenigen Forscher, welche früher auf Grund theoretischer oder experimenteller Untersuchungen für die Wiensche Gleichung eingetreten waren, diesen Standpunkt aufgegeben. Herr Planck hat seine theoretische Herleitung der Wienschen Gleichung durch einen anderen Gedankengang ersetzt, welcher seine neue Spektralgleichung:

$$E = \frac{C \cdot \lambda^{-5}}{e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1}$$

als theoretisch wahrscheinlich erscheinen lässt, und Herr Paschen hat seine früheren Versuche, welche die Richtigkeit der Wienschen Gleichung bis zu den höchsten von ihm untersuchten Temperaturen und bis zu Wellenlängen von 9 μ bestätigt hatten, widerrufen und hat neue

1) Abteilung **2**, 23. Sept. 1901.
2) Vgl. diese Zeitschrift **2**, 154, 1900.

Versuche veröffentlicht, welche mit grosser Genauigkeit die Allgemeingültigkeit der Planckschen Gleichung beweisen sollen. Wir haben an einem andern Orte[1]) die Gründe auseinandergesetzt, aus denen uns die Paschenschen Versuche nicht geeignet erscheinen, der Planckschen Gleichung als Stütze zu dienen. Was nun die Frage nach der Gültigkeit dieser Gleichung betrifft, so gebührt ihr der Vorrang vor allen anderen bisher aufgestellten Spektralgleichungen und sie kommt der Wahrheit jedenfalls sehr nahe. Aber auch sie zeigt an gewissen Stellen zwar nicht grosse, aber systematische Abweichungen sowohl von unseren Versuchen, als auch von denen der Herren Rubens und Kurlbaum, so dass die Frage, ob sie die schwarze Strahlung vollständig darstellt, als abgeschlossen noch nicht betrachtet werden kann.

Dennoch schien uns die Kenntnis der Strahlungsgesetze so weit geklärt und fortgeschritten zu sein, dass wir es an der Zeit glaubten, Bestrebungen wieder aufzunehmen, über welche ich schon auf der Münchener Versammlung berichtet habe, nämlich die Bestrebungen, die Strahlungsgesetze der Temperaturmessung dienstbar zu machen.

Die Strahlungsgesetze sind nämlich geeignet, als Grundlage einer neuen Temperaturskala zu dienen, welche für niedere Temperaturen identisch ist mit der gebräuchlichen gasthermometrischen Skala, aber auf viel höhere Temperaturen ausgedehnt werden kann, als es die Methode des Gasthermometers zulässt. Hier kommen zunächst drei für die schwarze Strahlung gültige Gesetze in Betracht:

1) $\int_0^\infty E_\lambda d\lambda = \sigma T^4$ (Stefan-Boltzmannsches Gesetz.)

2) $\lambda_m T = A$
3) $E_m T^{-5} = B$ } (enthalten im Wienschen Verschiebungsgesetz.)

Hier ist E_λ der zwischen den Wellenlängen λ und $\lambda + d\lambda$ enthaltene Anteil der schwarzen Strahlung für die absolute Temperatur T, während λ_m die Wellenlänge ist, für welche bei dieser Temperatur die Energie E_λ im Normalspektrum ihr Maximum E_m hat; σ, A und B sind genügend genau bestimmte Konstanten.

Die wohlbegründete theoretische Herleitung und die experimentelle Bestätigung dieser Gesetze lässt wohl kaum einen Zweifel, dass ihnen die Bedeutung wahrer Naturgesetze zukommt, und dass die mit Hilfe eines jeden von ihnen (durch Beobachtung der Gesamtstrahlung, oder der Lage λ_m oder der Grösse E_m des Energiemaximums) gefundene Temperatur eines schwarzen Körpers für alle erreichbaren Temperaturen die gleiche ist und auch mit der thermodynamisch definierten übereinstimmt. Bei der experimentellen Bestätigung dieser Gesetze wurde die Temperatur mit Hilfe eines Le Chatelierschen Thermoelementes gemessen, welches von den Herren Holborn und Day an das Gasthermometer angeschlossen ist. Dieser Anschluss reicht nur bis 1150° C. und dies ist die obere Grenze der Temperaturen, welche bisher mit Hilfe der gasthermometrischen Skala haben exakt gemessen werden können. Durch Extrapolation der empirischen Formeln für die thermoelektrische Kraft dieser Elemente konnten obige Gesetze bis über 1400° C. bestätigt werden. Diese Versuche kann man als eine Eichung der Thermoelemente zwischen 1150 und 1400° C. mit Hilfe der neuen strahlungstheoretischen Temperaturskala betrachten, eine Eichung, welche ergeben hat, dass auf diesem Gebiete die thermoelektrische Kraft demselben Gesetze folgt, welches bei weniger hohen Temperaturen mit dem Gasthermometer gefunden worden war.

Um die Temperaturskala über diese Grenze hinaus fortzusetzen, ist es nötig, die schwarze Strahlung bis zu möglichst hohen Temperaturen dem Experimente zugänglich zu machen. Zu diesem Zwecke haben wir einen schwarzen Körper konstruiert, bei welchem ein durch den elektrischen Strom geglühtes dünnwandiges Kohlerohr die Strahlung aussendet. Ein Pfropf aus Kohle, Nernstmasse oder dergl. dient als strahlende Rückwand, durch welche auch ein Thermoelement in den Hohlraum eingeführt werden kann. Um die Aussenseite der Kohle vor dem Verbrennen zu schützen, ist das Rohr möglichst hermetisch von einem zweiten, elektrisch von ihm isolierten Kohlerohr umgeben. Um den Eintritt des atmosphärischen Sauerstoffs durch die Strahlungsöffnung in das Innere des Rohres zu verhindern, ist der Öffnung eine Metallhülse vorgelegt, welche durch einen Stickstoffstrom langsam durchflossen wird. Auf diese Weise gelang es, Kohlerohre von 1,5 bis 0,75 mm Wandstärke stundenlang zu glühen, ohne dass die Wandstärke sich merklich verminderte. Um den Wärmeabfluss nach aussen möglichst zu verhindern, ist das Kohlerohr durch mehrfache Hüllen aus schwer schmelzbarer Masse mit Luftzwischenräumen umgeben.

Zur Messung der Temperatur dieses schwarzen Körpers kann jedes der drei oben angegebenen Gesetze dienen. Ist die Temperatur bestimmt, so kann man hoffen, durch Messung der Energieverteilung eine erweiterte Prüfung der Strahlungsgesetze und genaueren Aufschluss über die Gültigkeit der Planckschen Gleichung zu gewinnen.

Zur Temperaturbestimmung bietet sich aber noch eine andere Methode dar, welche be-

1) O. Lummer und E. Pringsheim, Ann. d. Physik 6, 192—210, 1901.

sondere Vorteile hat. Es ist dies die spektralphotometrische Methode, welche nicht bloss für den schwarzen Körper, sondern auch zur Temperaturbestimmung anderer Körper anwendbar ist, und unter Zugrundelegung des schwarzen Körpers zuerst von Herrn Wanner zur Bestimmung der Temperatur der Bogenlampe und der Circonlampe verwertet worden ist.[1]) Paschen und Wanner hatten die Intensität der Strahlung des schwarzen Körpers für verschiedene Wellenlängen des sichtbaren Spektrums spektralphotometrisch gemessen und gefunden, dass — wie es die Wiensche Spektralgleichung verlangt — die in der Form $log\, E = f(1/T)$ dargestellten isochromatischen Kurven der spektralen Helligkeit gerade Linien waren. Da die zu diesen Versuchen benutzten schwarzen Körper keineswegs einwandfrei waren, so hielten wir es für geboten, diese photometrischen Messungen mit dem von uns früher benutzten elektrisch geglühten schwarzen Körper[2]) zu wiederholen. In der That ergaben sich in Übereinstimmung mit der Wienschen und Planckschen Gleichung isochromatische Geraden. Der aus ihnen berechnete Wert der Konstanten c der Planckschen Gleichung ergab im Mittel 14580, während aus der Beziehung $c = 4{,}965\, \lambda_m T$ der Wert 14600 folgt. Da für Werte des Produktes λT, welche unterhalb 3000 liegen, die Wiensche Gleichung von der Planckschen um weniger als 1% abweicht, so ist es für das Gebiet der sichtbaren Wellen bei der Kleinheit von λ in der That erlaubt, die isochromatischen Geraden bis zu Temperaturen von etwa 5000° durch einfaches Verlängern zu extrapolieren. Um die Temperatur eines schwarzen Körpers zu bestimmen, braucht man daher nur die photometrische Helligkeit E für eine bestimmte Wellenlänge zu messen und diejenige Stelle in der zugehörigen, vorher bestimmten isochromatischen Geraden aufzusuchen, bei welcher die Ordinate den Wert $log\, E$ hat. Die zugehörige Abscisse ergiebt dann den Wert von $1/T$.

Herr Wanner wendete dieselbe Methode unmittelbar auf andere Körper an und schloss aus der Übereinstimmung der mit Hilfe der Isochromaten für verschiedene Wellenlängen gefundenen Temperaturen, dass die untersuchten Körper nahezu schwarz seien. Dieser Schluss ist nicht richtig, vielmehr besteht der Vorzug dieser Methode gerade darin, dass sie auch für solche Körper brauchbare Resultate liefert, welche erheblich vom schwarzen Körper abweichen. Um die Fehlergrenze der Methode kennen zu lernen, wendeten wir sie auf blankes Platin an, also einen Körper, der sehr weit vom schwarzen entfernt ist. Wir bestimmten die Temperatur des Platins aus den isochromatischen Geraden und gleichzeitig direkt mit einem Thermoelement. Die Differenzen waren verhältnismässig gering, bei 1100° *abs.* etwa 40°, bei 1880° *abs.* 110°. Bei den meisten anderen Körpern, besonders dem für die Strahlungstechnik wichtigsten, der Kohle, werden die Fehler bedeutend kleiner sein. Die Anwendbarkeit der Methode beruht auf dem ausserordentlich schnellen Fortschreiten der photometrischen Intensität mit der Temperatur. So tritt z. B. für $\lambda = 0{,}589\,\mu$ schon eine Verdoppelung der Helligkeit des schwarzen Körpers ein, wenn die Temperatur von 1800° auf 1875° *abs.* steigt. Dieses schnelle Anwachsen ergiebt sich auch aus Versuchen, welche wir, veranlasst durch eine Anfrage aus dem Nernstschen Laboratorium, angestellt haben, um die Gesamtlichtstärke des schwarzen Körpers in Hefnerkerzen auszudrücken. Wir fanden für

1 mm² des schwarzen Körpers
bei 1175° C. etwa 0,0042 HK
„ 1325 0,0220 „
„ 1435 0,0635 „

durch Extrapolation würden sich daraus ergeben

bei 1500° C. etwa 0,1 HK
„ 1700 0,5 „
„ 1800 1,0 „

Die spektralphotometrische Methode der Temperaturbestimmung wurde auf eine starkfadige Glühlampe bei verschiedenen Glühzuständen angewendet, für deren Temperatur wir früher[1]) aus der Beobachtung der spektrobolometrisch gefundenen Lage des Energiemaximums einen Maximal- und einen Minimalwert bestimmt hatten. Die photometrische Methode ergiebt für einen nicht schwarzen Körper stets einen zu kleinen Wert. In der That fällt die so für die Glühlampe bei den verschiedenen, durch die Stromstärke definierten Glühzuständen gefundene Temperatur zwischen die früher bestimmten Werte:

Ampère	absolute Temperatur des Kohlefadens		
	photometrisch T.	bolometrisch T. max.	bolometrisch T. min.
9,46	1760	1840	1640
12,87	2040	2100	1880
15,12	2190	2300	2050

Die Temperaturen der Glühlampe sind also zwischen die ziemlich engen Grenzen 1760 und

1) H. Wanner, Ann. d. Physik 2, 141, 1900; O. Lummer und E. Pringsheim, Verhdl. der deutsch. Phys. Ges. 3, 36, 1901. Vgl. diese Zeitschrift 1, 226, 1900.

2) O. Lummer und F. Kurlbaum, Verhandl. der Phys. Ges. zu Berlin, 17, 106, 1898 und Ann. d. Physik, 5, 829, 1901.

1) O. Lummer und E. Pringsheim, Verhandl. der deutsch. Phys. Ges. 1, 230 ff., 1899.

1840, 2040 und 2100, 2190 und 2300° *abs.* eingeschlossen.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Diskussion.

Kurlbaum: Ich möchte auf ein optisches Pyrometer aufmerksam machen, das im Juniheft (1901) der Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften von Holborn und mir beschrieben ist. In der Röntgenausstellung, die hier untergebracht ist, befindet sich eines, das zunächst für technische Zwecke eingerichtet ist, aber wegen seiner Empfindlichkeit auch für wissenschaftliche Untersuchungen geeignet ist. Das Prinzip des Apparates besteht darin, dass ein Fernrohr auf den glühenden Körper unbekannter Temperatur gerichtet und durch das Objektiv ein Bild des Körpers entworfen wird, welches mit einem elektrisch geglühten Platin-Iridiumdraht zusammenfällt. Beide werden zugleich mit dem Okular betrachtet, vor welches noch, um im homogenen Lichte beobachten zu können, ein rotes Glas geschoben ist.

Die Eichung des Instrumentes, bei dem der Platin-Iridiumdraht auch durch eine Glühlampe ersetzt werden kann, findet in folgender Weise statt: Die Temperatur des schwarzen Körpers wird mit dem Thermo-Element gemessen, und zu gleicher Zeit wird die durch den Draht fliessende Stromstärke so reguliert, dass die heisseste Stelle des Drahtes auf dem hellen Hintergrunde verschwindet. Bei diesem Kriterium der Temperaturgleichheit wird am Ampèremeter die Stromstärke abgelesen, und die Temperatur angefügt, so dass man ein Ampèremeter erhält, welches direkt die Temperatur abzulesen gestattet. Es kommt zu statten, dass mit der Temperatur eine ausserordentliche Steigerung der Helligkeit stattfindet. Macht man umgekehrt aus der Helligkeit den Schluss auf die Höhe der Temperatur, so ist derselbe sehr sicher, weil die Temperatur mit der Helligkeit sehr wenig variiert. Versuche mit völlig unbefangenen Beobachtern zeigen, dass man bei 1000° auf 1° richtig einstellt. Dass diese photometrische Einstellung so empfindlich ist, beruht wohl darauf, dass dieselben Netzhautelemente von der Grenzkante des Platin-Iridiums und der als hell erscheinenden Fläche getroffen werden. Die Strahlung im sichtbaren Gebiet ist bei hohen Temperaturen von der Natur des strahlenden Körpers wenig abhängig, wie schon Becquerel gefunden hat, und genauer von Lummer und Pringsheim festgestellt ist. Für so hohe Temperaturen, wie sie sich durch den schwarzen Körper noch nicht verwirklichen lassen, wird vor dem Objektiv eine Lichtschwächung angebracht, und die Temperatur mit Hilfe des Wienschen Gesetzes extrapoliert. Für so hohe Temperaturen kommt es aber der Technik weniger darauf an, die Temperatur genau zu kennen, als vielmehr die gleiche Temperatur stets wieder herstellen zu können.

Planck: Ich möchte die Frage stellen, ob die Voraussetzung, dass die Temperatur der Kohle zwischen der des Platins und des schwarzen Körpers liegt, absolut sicher ist, oder ob darin nicht vielleicht eine Unsicherheit liegt.

Pringsheim: Ganz ohne Voraussetzungen kann man wohl nicht auskommen. Dass die Strahlung der Kohle derjenigen des schwarzen Körpers näher liegt, als die des Platins, ist wohl von vornherein sehr wahrscheinlich. Weiter haben wir die Energieverteilung zu Grunde gelegt und haben gesehen, dass die Kurve sich zwischen die des schwarzen Körpers und die des Platins zwischenschmiegt. Je höher übrigens die Temperaturen werden, um so mehr nähert sich die Strahlung des Platins der des schwarzen Körpers.

Planck: Ist das eine allgemeinere Thatsache, dass die Strahlung der Metalle sich mit hoher Temperatur der des schwarzen Körpers nähert, oder ist das nur bei Platin der Fall?

Pringsheim: Über andere Metalle habe ich keine Erfahrung; aber es ist wohl anzunehmen, dass es sich allgemein so verhält.

Rubens: Ich glaube, dass man aus den übrigen Eigenschaften der Metalle schliessen kann, dass bei hohen Temperaturen ihr Emissionsvermögen relativ grösser ist, weil sie bei tiefen Temperaturen längere Wellen aussenden und für diese ihr Reflexionsvermögen einen grösseren Wert hat.

Kurlbaum: Bei Extrapolation der Kurven, welche die Gesamtstrahlung des Platins und die des schwarzen Körpers in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur darstellen, würden sich dieselben bei 9000° *abs.* schneiden.

Lummer: Vom Silber weiss man aus den Versuchen von Christiansen, dass es bei tiefer Temperatur nur den 20. Teil der Energie des schwarzen Körpers aussendet, während es bei höheren Temperaturen sicher dem schwarzen Körper viel näher liegt.

(Eingegangen 9. Oktober 1901.)

BESPRECHUNGEN.

W. Ostwald, Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie, elementar dargestellt. Dritte vermehrte Auflage. gr. 8. XI u. 221 S. mit 2 Fig. Leipzig, Wilhelm Engelmann. 1901. Gebunden M. 7.—.

Wenn die Vertreter der reinen Chemie, die dem Eindringen der physikalisch-chemischen Theorien in ihr Gebiet solange hartnäckigen Widerstand entgegengesetzt haben, heute zum grossen Teile die Waffen gestreckt haben, so ist das nicht zum wenigsten dem kleinen, inhaltreichen Werke zuzuschreiben, dessen dritte Auflage vorliegt. Die Reaktionen der analytischen Chemie sind fast ausnahmslos Ionenreaktionen, so kommt es, dass das Lehrgebäude der analytischen Chemie auf der Grundlage der Dissoziationstheorie ein völlig verändertes Aussehen erlangt hat. Das Thatsachenmaterial ist nach neuen Gesichtspunkten geordnet leichter übersehbar geworden, empirisch Gefundenes ist als notwendig erkannt worden, und auch der heuristische Wert der veränderten Anschauungsweise hat sich in einer Reihe von Fällen gezeigt, indem neue analytische Reaktionen aufgefunden wurden.

Der Wert des Buches als einer Einführung in die neueren chemischen Theorien ist in der dritten Auflage noch dadurch erhöht worden, dass in einem Anhange eine Reihe ausserordentlich instruktiver Versuche beschrieben wird, welche jenem Zwecke dienen sollen. A. Coehn.

(Eingegangen 16. September 1901.)

Eduard Jordis, Die Elektrolyse wässriger Metallsalzlösungen. Mit besonderer Berücksichtigung der in der Galvanotechnik üblichen Arbeitsweisen. gr. 8. VI u. 137 S. mit 11 Fig. u. 2 Tafeln. Halle a. S., W. Knapp. 1901. M. 4.—.

Das Buch enthält in seinem wertvollsten Teile eine Zusammenstellung von Vorschriften, welche für die elektrolytische Abscheidung der verschiedenen Metalle gegeben worden sind. Der Verfasser macht den interessanten Versuch, einen Teil dieser lediglich empirisch gefundenen Vorschriften, auf Grundlage der neueren Theorie der Lösungen zu deuten.

Die theoretischen Ausführungen müssen an vielen Stellen als nicht einwandfrei bezeichnet werden. Beispielsweise ist das von Nernst angegebene und von Glaser ausgeführte Verfahren zur Messung von Zersetzungsspannungen missverstanden (vergl. S. 100). Die Ausführungen über die Indigoreduktion sind unannehmbar; es soll dabei anodisch — ob primär oder sekundär — an einer Zinkelektrode in Natronlauge Wasserstoff entstehen — und zwar durch den Strom, nicht etwa durch Lokalaktion. Es würde zu weit führen, andere Irrtümer hier aufzuzählen.

Immerhin ist das kleine Werk als ein Versuch zu begrüssen, die so reichlich vorhandenen Vorschriften der galvanotechnischen Praxis wissenschaftlicher Durcharbeitung näher zu rücken. A. Coehn.

(Eingegangen 16. September 1901.)

Karl Elbs, Die Akkumulatoren. Eine gemeinfassliche Darlegung ihrer Wirkungsweise, Leistung und Behandlung. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. gr. 8. 48 S. mit 3 Fig. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 1901. M. 1.—.

Die kleine zur ersten Information über Akkumulatoren vortrefflich geeignete Schrift erscheint jetzt in dritter Auflage. Dem Theoretiker kann sie als beste Einleitung zu dem die Grundthatsachen und Grundbegriffe bereits voraussetzenden unlängst (**2**, 465, 1901) hier besprochenen Werke von Dolezalek dienen.

Für eine Neuauflage wäre es vielleicht angebracht, zur Deutung der Wasserstoffentwickelung bei Berührung der Bleischwammplatte mit einem Platindrahte (S. 29) den Begriff der Überspannung heranzuziehen. Eine momentane Stromentstehung findet auch bei Berührung mit Kupferdraht statt. Aber Wasserstoffentwickelung findet hier nicht statt, weil es zur Entwickelung gasförmigen Wasserstoffes am Kupfer einer höheren Spannung bedarf als am Platin. A. Coehn.

(Eingegangen 16. September 1901.)

Kr. Birkeland, Norwegische Expedition von 1899—1900 zur Erforschung der Nordlichter. 8⁰. 80 Seiten u. 12 Tafeln. Christiania, A. W. Brögger. 1901.

Das vorliegende Werk ist eines der wenigen über erdmagnetische Variationen, die sich statt auf lange Reihen von Mittelwerten auf Untersuchungen über Einzelerscheinungen erstrecken; es ist sein Zweck, die Natur der grösseren magnetischen Störungen zu erklären und in Einklang damit die der Nordlichter. Die eingeschlagenen Wege sind vollkommen neue, das Material ein ausgezeichnetes und es ist das Experiment in einer Ausdehnung zu Hilfe gezogen, wie dies seither noch nie geschehen.

In der Hauptsache wird nur derjenige Teil der täglichen Variationen untersucht, der die grösseren Störungen hervorruft. Die Beobachtungen bestehen durchaus nicht nur aus den Registrierungen der Expedition, sondern daneben noch aus denen von Potsdam, Pawlowsk, Paris, Kopenhagen, Greenwich und Toronto; auch werden die Beobachtungen des Polarjahres 1882—83 in eingehender Weise besprochen.

Verf. geht von der Idee aus, diese Störungen seien von elektrischen Strömen in den oberen Schichten der Atmosphäre verursacht, eine Annahme, die seit Schusters Untersuchungen als wahrscheinlich allgemein angenommen ist. Für bestimmte Tage berechnet er aus den registrierten Kurven gestörter Tage, die Grösse der Totalstörung zu jeder Stunde und die Richtung, von woher die Störungsursache zu wirken scheint. Ist einmal die Annahme gemacht, dass die Ströme in der Atmosphäre zu suchen sind, so geben die Variationen der Vertikalkomponente die Stromrichtung an, und es gelingt dem Verf., ein System der Stromlinien zu erhalten, das alle beobachteten Erscheinungen befriedigend erklärt. Aus den höheren Breiten treten die Stromlinien dichtgedrängt in die mittleren Breiten ein und divergieren bald so stark, dass in diesen Gegenden die Intensität der Störungen rasch erheblich sinkt. Es entsteht ein östlicher und ein westlicher Stromzweig, deren jeder nach des Verf.'s Vermutung sich zu einem Stromwirbel schliesst. Innerhalb dieses Systems, das im Raume ruht, rotiert die Erde, wie dies bei dem Schuster-Bezoldschen Felde der täglichen Variation [1]) ebenfalls der Fall ist. Der Unterschied besteht nur darin, dass das Störungsfeld schnellen Änderungen unterworfen ist. Nachdem diese Anschauungen aus den Beobachtungen der verschiedenen Stationen abgeleitet worden sind, zeigt der Verfasser am Experimente die Möglichkeit solcher Stromsysteme. Er benutzt dazu einen kugelförmigen Elektromagneten, dessen Eisenkern so gestaltet ist, dass er ein ähnliches Feld besitzt, wie die Erdpole. Diesen Magneten bringt er in einen von Kathodenstrahlen durchsetzten Raum. Bei Erregung des Magneten finden Ablenkungen statt, welche durch Platincyanür sichtbar gemacht werden und es zeigt sich, dass der Gang der Strahlen den angenommenen Strömen entspricht.

Er untersucht nun des weiteren experimentell den Einfluss eines magnetischen Feldes auf den Gang der Kathodenstrahlen. Als Ergebnis stellt er folgende Ansicht hin. In Gegenwart eines magnetischen Feldes verteilt sich die positive Strömung in Bändern durch das sogenannte Vakuum, die ihrerseits Kathodenstrahlen zweiter Art aussenden. Diese aber gehen wie die gewöhnlichen den magnetischen Kraftlinien entlang. Er acceptiert die Ansicht Goldsteins, wonach als Träger der positiven Strömung die Gasteilchen selbst aufzufassen sind, und so auch bei den Luftteilchen der höchsten Schichten unserer Atmosphäre. Hier bilden ihre Gesamtheit jene Ströme, welche die magnetischen Störungen verursachen; die von ihnen ausgehenden Kathodenstrahlen zweiter Art bilden dann mit dem erdmagnetischen Felde die verschiedenen Formen des Nordlichtes. Es ist unmöglich, an dieser Stelle mehr als den Gedankengang und die Resultate anzugeben, doch sei bemerkt, dass die Ableitung der letzteren mit den Thatsachen der Beobachtungen und Experimente in vollem Einklang steht, wenn sie auch erst auf langwierigem Wege erhalten werden.

1) Diese Zeitschr. 2, 123, 1900.

Zu Eingang des Werkes befindet sich eine Untersuchung über simultane magnetische Variationen in Bossekop beim Nordkap und Potsdam, d. i. über die von Eschenhagen [1]) entdeckten Elementarwellen des Erdmagnetismus. Als es dem letztgenannten Erdmagnetiker gelungen war, Intensitätsunifilare von hoher Empfindlichkeit herzustellen [2]), entdeckte er bald sehr regelmässige Sinuswellen kleiner Amplitude, die fast stets eine Periode von 30 Sek. besassen und die kleinsten Änderungen des Erdmagnetismus darstellen. Da ein System solcher Apparate in Bossekop, der Station der norwegischen Expedition aufgestellt war, und während mehrerer Tage telegraphisch vereinbarte simultane Registrierungen mit Potsdam stattfanden, so entstand ein reichhaltiges Material. Meist waren die zu gleicher Zeit erhaltenen Kurven durchaus verschieden, um so überraschender ist die vollkommene Übereinstimmung an ruhigen Tagen. Eine Verschiedenheit ist überhaupt nur in der Grösse der Schwankungen vorhanden, während die Eintrittszeit bis auf die Ablesegenauigkeit von 5ˢ in Bossekop identisch ist mit der in Potsdam. Während dieser ruhigen Zeit waren die Elementarwellen sehr regelmässig ausgebildet. Verf. hat nun in Potsdam das gesamte hier erlangte Material an sogenannten Feinregistrierungen verarbeitet und zugleich das der drei Monate in Bossekop und dabei gefunden, dass eine grosse Tendenz vorhanden, dass die Elementarwellen zu einander harmonisch sind. Dies führt zur Ansicht, dass sie Oszillation des Erdmagnetismus oder der Erdelektrizität sind, ihrerseits durch entsprechende Entladungen auf der Sonne verursacht und dass die möglichen Wellenlängen die Eigenschwingungen des Resonators Erde sind. Es ist zu erwarten, dass

1) Berl. Sitzungsbericht 32, 1897.
2) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 1, 147. 1899.

die verschiedenen Südpolexpeditionen, die alle mit Eschenhagens Feinmagnetometern ausgerüstet sind, auch diese interessante Frage lösen werden.

Potsdam. A. Nippoldt jun.

(Eingegangen 7. September 1901.)

W. Martin and W. H. Rockwell, Chemistry and Physics. 374 S. London, Henry Kimpton. 1901.

Das vorliegende Buch ist ein Repetitorium der Chemie und Physik, welches in ähnlicher Weise abgefasst ist, wieviele in Deutschland existierende Repetitorien für Mediziner und Pharmazeuten. Auf ungefähr 180 Seiten werden zunächst die Hauptthatsachen der anorganischen und organischen Chemie behandelt, der zweite Teil enthält die Physik. Zahlreiche Abbildungen, welche zum Teil französischen Lehrbüchern entnommen sind, dienen dazu, das Verständnis der Gesetze und Erscheinungen zu erleichtern. Da das Buch für Mediziner bestimmt ist, so hätte wohl mehr Rücksicht auf deren Bedürfnisse genommen werden müssen; im chemischen Teil hätten die Elemente der seltenen Erden mit ihren Verbindungen kurz behandelt werden können, die osmotischen Erscheinungen hätten ausführlicher besprochen, die X-Strahlen, welche der Verfasser in drei Teilen behandelt und mit Kathodenstrahlen verwechselt, verdienten wegen ihres grossen medizinischen Interesses, sicherlich eine eingehendere Behandlung. Ausstattung und Druck des Buches sind vorzüglich.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 14. Oktober 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Abhandlungen aus den Gebieten der Mathematik, Physik, Chemie und beschreibenden Naturwissenschaften. Festschrift zur Feier des siebzigsten Geburtstages von Richard Dedekind. Mit Beiträgen von H. Beckurts, R. Blasius, G. Bodländer, G. Frerichs, R. Fricke, R. Meyer, R. Müller, H. Weber, A. Wernicke. Mit Textabbildungen und einer Tafel. gr. 8. VIII u. 254 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 6.—.

Arnold, E. und **J. L. la Cour**, Beitrag zur Vorausberechnung und Untersuchung von Ein- und Mehrphasenstromgeneratoren. Mit 87 Abbildungen. (Sammlung elektrotechnischer Vorträge von Ernst Voit). gr. 8. 108 S. 1901. Stuttgart, Ferdinand Enke. M. 3.60.

Blaschke, Paul, Wörterbuch der Elektrotechnik in drei Sprachen. Mit einem Vorwort von F. Niethammer. I. Teil. Deutsch — Französisch — Englisch. gr. 8. VIII u. 146 S. 1901. Leipzig, S. Hirzel. Gebunden M. 5.—

Classen, J., Mathematische Optik. Mit 52 Figuren. (Sammlung Schubert, Band XL.) kl. 8. X u. 207 S. 1901. Leipzig, G. J. Göschensche Verlagsbuchhandlung. Gebunden M. 6.—

Congrès international de mécanique appliquée.

Cranz, Carl, Anwendung der elektrischen Momentphotographie auf die Untersuchung von Schusswaffen. Mit 7 Figuren und 24 Tafeln. 4. 26 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 4.—.

Dampf und Elektrizität. Die Technik im Anfang des XX. Jahrhunderts. 12 zerlegbare, zum Teil bewegliche Modelle. Mit Zeichenerklärungen und erläuterndem Text. 25 S. gr. 4 quer. 1901. Leipzig, Otto Maier. Gebunden M. 10.—.

Nouveau dictionnaire des sciences et de leurs applications, par Paul Poiré, Edmond Perrier, Rémy Perrier, Alex. Joannis. Avec la collaboration d'une réunion de savants, de professeurs et d'ingénieurs. En 48 fascicules de 64 pages abondamment illustrées. gr. 8. 1901—1902. Paris, Ch. Delagrave. Le fascicule 1 Fr., l'ouvrage complet 40 Fr.

Finger, Jos., Elemente der reinen Mechanik. Als Vorstudium für die analytische und angewandte Mechanik und für die mathematische Physik an Universitäten und technischen Hochschulen sowie zum Selbstunterricht. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 210 Figuren im Texte. gr. 8. XIII u. 797 S. 1901. Wien, Alfred Hölder. M. 20.—.

von Hübl, Arthur Freiherr, Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Gelatineplatte bei zweifelhaft richtiger Exposition. Mit einer Tafel. Zweite gänzlich umgearbeitete Auflage (Encyklopädie der Photographie Heft 31). 8. VII u. 70 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 2.40.

Huntington, Edward V., Über die Grundoperationen an absoluten und komplexen Grössen in geometrischer Behandlung. gr. 8. XVII u. 63 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1901. Mk. 1.50.

Kopp's, K., Anfangsgründe der Physik mit Einschluss der Chemie und mathematischen Geographie. Ausgabe B in 2 Lehrgängen. Für höhere Lehranstalten nach den preussischen Lehrplänen von 1901 bearbeitet von A. Husmann. II. Teil: Hauptlehrgang. Kürzere Ausgabe: Grundriss der Physik. Mit 252 in den Text eingedruckten Holzschnitten und einer farbigen Sternkarte. gr. 8. VIII u. 360 S. 1902. Essen, G. D. Baedecker. Gebunden M. 4.60.

Lecher, Ernst, Über die Entdeckung der elektrischen Wellen durch H. Hertz und die weitere Entwickelung dieses Gebietes. Vortrag, gehalten in der Hauptsitzung der Hamburger Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, am 23. September 1901. gr. 8. 32 S. 1901. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. M. 1.20.

Ostwald, W., Gedenkrede auf Robert Bunsen. Vortrag, gehalten auf der VIII. Hauptversammlung der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft zu Freiburg i. B. am 18. April 1901. Sonderabdruck aus „Zeitschrift für Elektrochemie". kl. 8. 28 S. 1901. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 1.—.

Report of the chief of the Weather Bureau, Washington.

de Saussure, Horace, Bénédicte, Versuch über die Hygrometrie. II. Heft. 3. Versuch, Theorie der Ausdünstung. 4. Versuch, Anwendung der vorhergehenden Theorie auf einige Phänomen der Meteorologie. Neuchatel, 1783. Mit 2 Figuren herausgegeben von A. J. von Oettingen. kl. 8. 170 S. 1900. Leipzig, Wilhelm Engelmann. Gebunden M. 2.40.

Sieg, E., Die Akkumulatoren. Mit 56 Abbildungen. (Handbuch der Elektrotechnik.) Band III, Abteilung 2. 4. VIII u. 112 S. 1901. Leipzig, S. Hirzel. M. 5.—.

Vaubel, Wilhelm, Die physikalischen und chemischen Methoden der quantitativen Bestimmung organischer Verbindung. gr. 8. I. Band. Die physikalischen Methoden. Mit 74 in den Text gedruckten Figuren. XIV u. 593 S. II. Band. Die chemischen Methoden. Mit 21 in den Text gedruckten Figuren. IX u. 530 S. 1902. Berlin, Julius Springer. M. 24.— Gebunden M. 26.40.

Wüllenweber, F. W., Diagramme der elektrischen und magnetischen Zustände und Bewegungen. Zugleich ein Beitrag zur Beantwortung der Fragen: Was ist Elektrizität? Was ist Magnetismus. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Experimental-Untersuchungen. Mit ca. 60 Originalzeichnungen auf 10 lithogr. Quarttafeln. Als Manuskript gedruckt. 8. 64 S. 1901. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. Gebunden M. 4.50.

Briefkasten.

Zu meiner kurzen Notiz in dieser Zeitschrift **3**, 46, 1902, erlaube ich mir mitzuteilen, dass mir nachträglich eine Bemerkung in der Arbeit des Herrn Wehnelt, Wied. Ann. **68**, 241, 1899 bekannt wurde; dort hat bereits Herr Wehnelt bei Wechselstrom die Vorschaltung von Gleichrichtzellen vor seinen Wehneltunterbrecher empfohlen.

Berlin, 10. November 1901. E. Knoblauch.

Tagesereignisse.

Herr Prof. von Bezold, der Direktor der königl. meteorologischen Anstalt, veröffentlicht im „Reichsanzeiger" folgendes: „In verschiedenen Blättern findet sich eine Notiz, wonach die Errichtung einer elektrischen Centrale und die Einrichtung elektrischen Betriebes in Potsdam baldigst erfolgen werde, nachdem der Einspruch des magnetischen Observatoriums „als unbegründet zurückgewiesen" worden sei. Die Schilderung entspricht den Thatsachen keineswegs, sondern das Observatorium, beziehungsweise das kgl. meteorologische Institut hat seinen Einspruch zurückgezogen, nachdem auf Grund eingehender Beratungen zwischen dem Observatorium und der Strassenbahn eine Verständigung erzielt worden war. Die Direktion der Strassenbahn erklärte sich auf Grund dieser Verhandlungen bereit, isolierte Hin- und Rückleitungen auszuführen und auch die sonstigen Vorsichtsmassregeln zu treffen, die zum Schutze der ungestörten magnetischen Beobachtungen von seiten des Observatoriums verlangt wurden."

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Der Lehrstuhl des verstorbenen Geh. Rat Doergens an der Technischen Hochschule zu Berlin bleibt auch noch im kommenden Winterhalbjahr unbesetzt. Mit Genehmigung des Ministers wird Privatdozent Reg.-Baumeister Schulz den Unterricht in der niederen Geodäsie, das geodätische Praktikum und das Planzeichnen, Privatdozent Dr. Galle die höhere Geodäsie vertretungsweise übernehmen.

Der Privatdozent der Mathematik, Professor Dr. G. Bohlmann in Göttingen ist zum ausserordentlichen Professor ernannt worden.

Der ordentliche Professor der darstellenden Geometrie an der Technischen Hochschule in Braunschweig, Dr. R. Müller, hat einen Ruf an die Technische Hochschule in Wien abgelehnt.

Der Apotheker Dr. Otto Linde hat sich an der Technischen Hochschule in Braunschweig als Privatdozent für Pharmakognosie habilitiert.

Prof. Dr. E. Pringsheim, Privatdozent für Physik an der Berliner Universität, hat einen Ruf als ausserordentlicher Professor nach Greifswald erhalten, jedoch abgelehnt.

An der Universität Freiburg i. Br. haben sich Dr. Wilhelm Meigen und Dr. Erwin Rupp als Privatdozenten für Chemie habilitiert.

Der Assistent am chemischen Laboratorium der Rostocker Universität, Dr. Franz Kunckell, hat sich dort als Privatdozent für pharmazeutische Chemie habilitiert.

Prof. Willibald Nagel in Freiburg erhielt einen Ruf nach Berlin als Vorsteher der physikalischen Abteilung des physiologischen Instituts der Universität, an Stelle des jüngst verstorbenen Prof. Arthur König.

An der neuerrichteten tschechischen Technischen Hochschule in Brünn wurden ernannt: Architekt Joseph Bertl zum ordentlichen Prof. für Hochbau, Oberingenieur Leopold Grimm zum ordentlichen Prof. für Konstruktionslehre der Maschinenteile und Maschinenbau I. Kurs, Ingenieur Franz Haga zum ordentl. Professor der mechanischen Technologie, Ingenieur Zdenko Elger v. Elgenfeld zum ordentl. Professor der allgemeinen und theoretischen Maschinenlehre, Baukommissar Gustav Cervinka zum ausserordentl. Professor für Strassen-, Eisenbahn- und Tunnelbau, Privatdozent Dr. Wenzel Felix zum ausserordentl. Professor für allgemeine und technische Physik.

In Helsingfors starb am 28. Oktober der Prof. für Maschinenbaukunde am dortigen Polytechnikum Rudolf Kolster. Er wurde 1837 in Hamburg geboren und wirkte seit 1860 in Helsingfors zuerst als Lehrer an der technischen Realschule und später nach der Umwandelung derselben in das jetzige Polytechnikum an dieser Hochschule.

Die von Prof. O. E. Meyer an der Universität Breslau angekündigte Vorlesung über „Experimentalphysik, II. T. und praktische Übungen im physikalischen Laboratorium" fällt wegen Krankheit des Dozenten aus.

Der ausserordentl. Professor der Mathematik und Physik am Kgl. Lyceum in Freising Macher-Regensburg wurde zum ordentlichen Professor ernannt.

Der ordentl. Professor der Mathematik an der Universität Halle Cantor wurde zum Ehrenmitglied der „Mathematical Society of London" ernannt.

Der ordentl. Professor der Thermodynamik an der Technischen Hochschule in München P. v. Linde wurde zum korrespondierenden Mitglied der Akademie der Wissenschaften Wien ernannt.

An der Universität Würzburg habilitierte sich Dr. Rost für Mathematik.

In den Ruhestand trat der ordentl. Professor der chemischen Technologie an der Technischen Hochschule in Wien J. Oser und der ordentl. Professor der darstellenden Geometrie an derselben Anstalt G. A. Peschka.

M. Berthelot in Paris feierte sein fünfzigjähriges Jubiläum wissenschaftlicher Thätigkeit.

Der Stadtbaurat Franz in St. Johann a. d. Saar wurde zum etatsmässigen Professor des Maschineningenieurwesens an der technischen Hochschule in Berlin und der Ingenieur Pagel in Langfuhr zum Dozenten des praktischen Schiffbaues an derselben Anstalt ernannt.

Dem ausserordentlichen Professor der Astronomie Dr. M. Wolf in Heidelberg wurde der Charakter als Hofrat verliehen.

Der Vorsteher des magnetischen Observatoriums in Potsdam, Prof. Eschenhagen, ist am 12. November gestorben.

Der Privatdozent der Elektrotechnik an der technischen Hochschule in Wien Dr. Reithoffer wurde zum ausserordentlichen Professor ernannt.

Dem etatsmässigen Professor der techn. Chemie an der Technischen Hochschule Dr. Stahlschmidt in Aachen wurde der Charakter als Geh. Regierungsrat verliehen.

Der Generaldirektor der Aachener chemischen Fabrik „Rhenania", Robert Hasenklever, wurde vom Senat der Technischen Hochschule in Karlsruhe ehrenhalber zum Doktoringenieur ernannt.

Die Stellvertretung im Unterricht für Dampfmaschinenbau an der Technischen Hochschule in Karlsruhe wurde an Stelle des in den Ruhestand getretenen Prof. Geh. Rat Josef Hart dem Assistenten der Maschinenbau-Abteilung Regierungsbaumeister Georg Köhler übertragen.

Der Professor der Mathematik an der Bergakademie zu Freiberg, Oberbergrat Dr. Papperitz, der derzeitige Rektor der Anstalt, hat einen Ruf an die Technische Hochschule zu Wien erhalten, denselben jedoch abgelehnt.

Die Medaillen der Londoner Royal Society haben folgende Forscher erhalten: die Copley-Medaille erhielt Prof. Gibbs für seine Beiträge zur mathematischen Physik, eine königliche Medaille Prof. Ayrton für seine Beiträge zur Wissenschaft der Elektrizität, die Davy-Medaille Prof. Liveing für seine Beiträge zur Spektroskopie, die Sylvester-Medaille Prof. Poincaré in Paris für seine vielen und wichtigen Beiträge zur Mathematik. Die Auszeichnungen wurden wie gewöhnlich bei der allgemeinen Jahresversammlung am St. Andreastage (30. November), dem Stiftungstage der Royal Society, ihren Empfängern übergeben.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 6. 15. Dezember 1901. 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 7 am 19. Dezember 1901.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Einige Bemerkungen über den Wehneltschen Unterbrecher.

Von K. R. Johnson.

In einer früheren Mitteilung[1]) habe ich die etwaige Dauer der Eigenschwingung der dem Wehnelt-Unterbrecher zugehörigen Drahtspule berechnet, und es ergab sich dabei eine Formel, die annäherungsweise

$$T = 2\frac{l\sqrt{n}}{v_0} \tag{1}$$

geschrieben werden kann, wenn T die Schwingungsdauer, l die Drahtlänge, v_0 die Lichtgeschwindigkeit und n die Dielektrizitätskonstante des umgebenden Isolators bedeutet.[2]) Ich glaubte dabei eine Beziehung dieser berechneten Schwingungsdauer T zu der Periode T_1 erwarten zu können, die durch die von Hrn. Simon aufgestellte Formel

$$T_1 = \frac{3}{2}\frac{L}{w} + \frac{c_1 w}{0{,}24 E^2} \tag{2}$$

ausgedrückt wird, wo L den Selbstinduktionskoeffizienten, w den Widerstand und E die Betriebsspannung bedeutet.[3]) Um die Beziehung zwischen T und T_1 darzustellen, sei daran erinnert, dass die Formel

$$Q_0 = i_0 \frac{L}{w} \tag{3}$$

das Zeitintegral des Extrastromes darstellt, wenn i_0 die Intensität des konstanten Stromes bedeutet. Unter der Voraussetzung, dass kein Eisenkern vorhanden ist, können wir einen anderen Ausdruck für dieses Zeitintegral finden. Der Quotient l/v bedeutet offenbar die Zeit, welche eine kleine Elektrizitätsmenge braucht, um die ganze Länge der Strombahn zu durchfliessen, wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit v bezeichnet wird. Demzufolge ist $i_0 \frac{l}{v}$ die Elektrizitätsmenge, welche der Leiter in jedem Augenblicke enthält, wenn er von einem konstanten Strome durchflossen wird; dieselbe Menge wird mithin dem Leiter von dem ansteigenden Strome erteilt und sie muss ebenfalls während des Öffnungsstromes abfliessen. Diese Elektrizitätsmenge wird mithin vom Zeitintegrale dargestellt und es ergiebt sich

$$Q_0 = \frac{i_0 l}{v} = i_0 \frac{l\sqrt{n}}{v_0}, \tag{4}$$

weil die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach dem Gesetze $v = v_0\sqrt{n}$ von der Dielektrizitätskonstante des umgebenden Isolators abhängt. Aus dem Vergleich der beiden Gleichungen (3) und (4) erhält man

$$\frac{L}{w} = \frac{l\sqrt{n}}{v_0} \tag{5}$$

und die Formel (2) kann demgemäss

$$T_1 = \frac{3}{2}\frac{l\sqrt{n}}{v_0} + \frac{c_1 w}{0{,}24 E^2} = \frac{3}{4}T + \frac{c_1 w}{0{,}24 E^2} \tag{6}$$

geschrieben werden.

1) Diese Zeitschr. **2**, 648, 1901.
2) Das die Kapazität γ_2 enthaltende Glied kann wegen der Kleinigkeit von γ_2 ganz vernachlässigt werden.
3) H. Th. Simon, Wied. Ann. **68**, 273, 1899.



Für $E = \infty$ ergiebt sich somit die untere Grenze der Periode gleich $\frac{3}{4} T$, ein Wert, welcher jedoch ein wenig überraschend erscheint, weil man vielmehr die ganze Dauer der Eigenschwingung als eine natürliche untere Grenze der Periode für wahrscheinlich halten könnte.

Beim Betrachten der Gleichung (5) findet man sogleich, dass sie keineswegs als einwandfrei betrachtet werden kann, denn sie wurde eigentlich für einen geraden Draht abgeleitet; der Wert L wächst aber beim Aufwinden des Drahtes, und für die Spule ergiebt sich deswegen $L/w > 1 \sqrt{n/v_0}$ und mithin ist $\frac{3}{4} T$ im rechten Gliede der Gleichung (6) zu klein und muss vielleicht durch T ersetzt werden.

Wir können deswegen die Gleichung

$$T_1 = T + \frac{C_1 w}{E^2} = T + \frac{C_1}{JE}$$

als einigermassen wahrscheinlich betrachten und schliessen daraus, dass die natürliche Periode der Eigenschwingung T durch den Aufwand von Arbeit im Unterbrecher zunimmt. Um so grösser die Stromenergie JE, um so schneller wird die zum Unterbrechen nötige Gashülle um die Anodenspitze entwickelt und um so kleiner wird die Differenz $T_1 - T$. Jedoch darf man wohl kaum den Verlust als Energieverlust allein auffassen, denn zum Teil geht Elektrizitätsmenge durch das Ausströmen von der Anodenspitze in den Elektrolyten verloren, zum Teil wird die Stromesarbeit zur Entwickelung von Gasen und Wärme angewandt. In der obigen Formel wird nur der Energieverlust, von Hrn. Wehnelt dagegen nur der Verlust einer Elektrizitätsmenge berücksichtigt, weil er diesen Verlust mit einer sog. Polarisationskapazität misst. Die beiden Anschauungen, die von Herren Simon und Wehnelt dargelegt worden sind, scheinen sich mithin gegenseitig zu ergänzen und zu vervollständigen.

Obwohl die letztere Anschauung gegenwärtig als von der ersteren widerlegt betrachtet wird, so scheint mir jedoch eine Thatsache für die Wehneltsche Anschauung vorgeführt werden zu können, nämlich das Variieren der Schwingungsdauer zwischen Grenzen, die sich wie etwa 1 : 2 verhalten. Diese Thatsache scheint mit dem Verhalten der Schwingungen eines Resonators einigermassen übereinzustimmen, denn ein drahtförmiger Resonator besitzt eine Wellenlänge ($\lambda = 2l$), die der doppelten Drahtlänge entspricht. Wenn eine Kapazität an dem einen Ende des Resonators angebracht wird, so nimmt die Wellenlänge zu und erreicht beim Unendlichwerden dieser Kapazität die Länge $\lambda = 4l$. Die Schwingungsdauer des Resonators variiert mithin in diesem Falle im Verhältnisse 1 : 2, wenn die Kapazität von 0 bis auf ∞ wächst, und ein derartiges Verhalten zeigt ebenfalls der Unterbrecher, wenn auch das Verhältnis 1 : 2 unbestimmter ist. Die an den Elektrolyten abgegebene Elektrizitätsmenge kann nämlich zwischen 0 und ∞ variieren, und dem Werte 0 entspricht eine sog. Polarisationskapazität 0; dem Werte ∞ eine unendliche Kapazität.

Eine weitere Diskussion dieses Gegenstandes darf wohl als zwecklos betrachtet werden, denn es bleibt doch in letzter Linie den Versuchen vorbehalten, die Theorie des Unterbrechers zu vervollständigen. Jedoch halte ich die vorstehende Betrachtung nicht ganz für nutzlos, da sie vielleicht bei künftigen Versuchen berücksichtigt werden kann.

(Eingegangen 1. November 1901.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität St. Petersburg. (Direktor: J. Borgmann.)

No. 1: W. Loevy, Über die Elektrizitätszerstreuung in der Luft.

Im Sommer des Jahres 1901 unternahm ich eine Reihe von Messungen der Elektrizitätszerstreuung in freier Atmosphäre, um die Abhängigkeit des Zerstreuungskoeffizienten von meteorologischen Umständen und der elektrischen Ladung des Körpers festzustellen.

Die Messungen wurden mit einem Elektroskop ausgeführt, dessen Anordnung von der bei Elster und Geitel beschriebenen[1]) in folgendem abwich:

1. Um der direkten Bestrahlung und der Luftbewegung leichten Zutritt zum Zerstreuungskörper zu verschaffen, wurde letzterer nicht mit einer Hülle, sondern mit einem weitmaschigen (4 qcm) Drahtnetz umgeben. Wie ich mich überzeugte, schützt ein solches Netz den Zerstreuungscylinder vollständig vor den äusseren elektrischen Kräften.

2. Um mit grösseren Ladungen operieren zu können, vergrösserte ich entsprechend alle Teile des Elektroskopes. Seine Höhe war 100 mm, die des Zerstreuungscylinder auch 100 mm.

3. Der Cylinder wurde nicht geschwärzt, sondern vernickelt.

Als Isolator nahm ich „Copal Zanzibar", dessen Isolationsvermögen mir erlaubte, das zweite Glied der Formel

$$e = \frac{1}{t} \log \frac{V_0}{V_1} - \frac{n}{t^1} \log \frac{V_0^1}{V_1^1}$$

als 0 zu betrachten.

Der Zerstreuungskörper befand sich stets zwischen 300 und 600 Volt. Die Messungen wurden gewöhnlich ausserhalb der Stadt bei normalen Wetterverhältnissen ausgeführt. Es

1) Diese Zeitschr. 1, 11, 1899.

wurde im ganzen 99 mal gemessen: 52 mal mit positiver Ladung, 47 mal mit negativer; 79 Messungen wurden in Rybinsk ausgeführt, 16 in Archangelsk und 5 im Gouvernement Pleskau. Die Luft war immer möglichst rein.

Es erwies sich, dass die meteorologischen Faktoren von grosser Wirkung auf die Erscheinung sind.

Der Zerstreuungskoeffizient ist in starker Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Windes; selbstverständlich wächst er mit dem Winde. Bei schwacher Luftbewegung (unter 1 m in 1 Sek.) kann diese Wirkung durch andere meteorologische Elemente verdrängt werden. Aber nichts gleicht dem stärkeren Winde in Bezug auf seine Wirkung auf die Grösse des Zerstreuungskoeffizienten. Während meiner Experimente erreichte der Wind die Kraft von ca. 2,5 m in 1 Sek., und demgemäss war die Zerstreuung am grössten.

Ebenso wirkte auch die Temperaturänderung. Die Schwankungen der Temperaturverhältnisse in meinen Messungen (von 12,2° bis 29,7° C.) waren genügend, um die Zunahme des Zerstreuungskoeffizienten beim Steigen der Temperatur zu zeigen. Die Elektrizitätszerstreuung nimmt mit Zunahme der absoluten und relativen Feuchtigkeit ab.

Sie nimmt aber mit der Abnahme des Luftdruckes zu. Diese auffallende Thatsache, die gewiss nur in freier Luft mit kleinen Schwankungen des Luftdruckes der Atmosphäre stattfindet, tritt in allen meinen Messungen hervor.

Ebenso auffallend ist auch die Thatsache, dass, wie deutlich aus den von mir erhaltenen Resultaten zu ersehen ist, der Zerstreuungskoeffizient abnimmt, wenn die Ladung des Körpers sehr gross ist (gegen 500 Volt). Letzteres weist darauf hin, dass hier, wie in geschlossenen Räumen, das Coulombsche Gesetz sich nicht bewährt.

Es wurde noch bemerkt, dass die Zerstreuungsgeschwindigkeit immer gegen 8 Uhr morgens und 8 Uhr abends relativ gross ist, was etwa im Zusammenhange mit der analogen Tagesperiode der Luftelektrizität stehen mag.

Die Wirkung der Sonnenstrahlen ist eine ziemlich beträchtliche. Sie beschleunigt das Zerstreuen der negativen Elektrizität. Im Gegenteil habe ich, während des Regens eine positiv-unipolare Zerstreuung wahrgenommen.

Alle diese Thatsachen können mit Hilfe der Ionentheorie erklärt werden, wenn man in Betracht zieht, dass die Erscheinung bei meinen Messungen nicht in ganz freier Luft, sondern in „halbgeschlossenem" Raume stattfand.

(Eingegangen 12. November 1901.)

Der Mensch als kalorische Maschine und der zweite Hauptsatz.

Von K. Schreber.

Durch physiologische Beobachtungen ist Robert Mayer, wie er selbst berichtet, auf die Entdeckung des Satzes von der Erhaltung der Energie geführt worden. Es ist deshalb selbstverständlich, dass man das Verhältnis der aufgenommenen Nahrung zur Arbeitsfähigkeit des Menschen und der Tiere seitdem stets unter dem Gesichtspunkt dieses Satzes betrachtet hat. Weder Mensch noch Tier kann mehr leisten, als dem in Arbeitseinheiten ausgedrückten Heizwerte der aufgenommenen Nahrung entspricht.

Man kann aber diese Beziehung zwischen Arbeit und Nahrung noch mehr dem bei kalorischen Maschinen geübten Verfahren anzupassen suchen und fragen, wie gross ist der Wirkungsgrad des Menschen, wenn er als Maschine betrachtet wird; d. h. wie gross ist das Verhältnis der vom Menschen geleisteten Arbeit zum Heizwert der aufgenommenen Nahrung.

Da die Innentemperatur des gesunden Menschen 37° beträgt und man als niedrigste Temperatur des im Menschen stattfindenden Wärmeüberganges in erster Annäherung die mittlere Lufttemperatur, also 17°, setzen darf, so dürfte nach den Gesetzen der Thermodynamik der höchste Wirkungsgrad des Menschen nur

$$\frac{37-17}{37+273} \cdot 100 = 6,5\,\%$$

betragen; d. h. der Mensch könnte höchstens 6,5 % der aufgenommenen Nahrung in Arbeit verwandeln.

Aus der Zusammenstellung von Angaben über die aufgenommene Nahrung und über die geleistete Arbeit, welche Rühlmann[1]) giebt, erhält man für den Wirkungsgrad im Mittel 26 %, also eine vielmal grössere Zahl, als sie die Wärmetheorie zulässt.

Nun sind aber einerseits die Beobachtungen der Arbeitsmenge, welche von einem Menschen geleistet werden kann, ebenso schwierig, wie auf der anderen Seite die Beobachtungen der zur Erhaltung des arbeitenden Menschen nötigen Nahrung. Der Grund hierfür liegt einmal darin, dass der Mensch auf kurze Augenblicke seine Leistung ganz ungeheuer steigern kann. Während innerhalb der täglichen Arbeitszeit die normale Leistung weniger als 0,1 PS beträgt, hat von Bach bei Menschen an Feuerspritzen Leistungen von 0,5 PS beobachtet und soll in Momenten der Lebensgefahr die Leistung bis weit über 1 PS gesteigert werden können.

1) Rühlmann, Allg. Maschinenlehre I. 1875, S. 271.

Dann ist aber auch die Schwierigkeit der Beobachtung darin begründet, dass die Änderung der Arbeitsmenge nicht sofort eine Änderung der Nahrungsmenge bedingt. So hat Voit an einem Arbeiter beobachtet, dass an zwei aufeinander folgenden Tagen, von denen der eine der Ruhe, der andere der Arbeit gewidmet war, die Nahrungsaufnahme genau die gleiche war.

Man müsste also, um trotzdem sichere Resultate zu erzielen, die Versuchsdauer so lang wählen, wie die Periode beträgt, innerhalb welcher der menschliche Körper durch die aufgenommene Nahrung vollständig erneuert ist, also ungefähr 100 Tage.

Obgleich nun derartig ausführliche Versuche noch nicht angestellt sind, so liegen doch seit der Zusammenstellung von Rühlmann Beobachtungen sowohl auf dem technischen wie auf dem physiologischen Gebiete vor, welche es angezeigt erscheinen lassen, den Wirkungsgrad des Menschen als kalorische Maschine neu zu berechnen.

Über die tägliche Leistung eines Menschen hat von Ržiha[1]) Beobachtungen veröffentlicht, welche allgemein als den Thatsachen entsprechend angesehen werden; danach beträgt die gesamte tägliche Arbeit eines Menschen 127×10^3 mkg.

Über die Nahrungsaufnahme des Menschen während der 24 Stunden des Tages liegen von einer ganzen Reihe von Physiologen Beobachtungen vor, aus denen Grasmann[2]) unter sachgemässer Berücksichtigung der an Tieren gewonnenen Resultate das Mittel zieht. Es ergiebt sich der Heizwert der aufgenommenen Nahrung, bezogen auf 100 kg Lebendgewicht des Menschen im Mittel bei Ruhe zu 3400 Kal., bei mässiger Arbeit 5400 und bei angestrengter Arbeit 7600. Die unverdaut abgehende Nahrung ist hierbei schon in Abzug gebracht.

Setzen wir mit Grasmann das Gewicht eines Menschen gleich 60 kg und vergleichen die daraus sich ergebende Zahl des Heizwertes der Nahrung 4560 Kal. mit den von Ržiha gegebenem Mittelwert der Tagesleistung des Menschen, so erhalten wir

$$\frac{127 \cdot 10^3}{4560 \cdot 428} \cdot 100 = 6.5\,\%,$$

also genau denselben Wert, wie ihn der Carnotsche Prozess zwischen 37^0 und 17^0 ergiebt.

Es erscheint also hiernach der Mensch als eine vollkommene kalorische Maschine.

Leider sind nun gegen diese Rechnung einige Einwürfe zu machen, von denen gerade der wichtigste dieses günstige Ergebnis nach der unwillkommenen Richtung hin abändert.

Zunächst muss man wohl zugeben, dass das Gewicht eines Arbeiters mit 60 kg etwas niedrig angesetzt ist; man wird der Wirklichkeit näher kommen, wenn man das Gewicht auf 70 kg schätzt. Dadurch wird, da in der Tabelle von Grasmann die Nahrungsaufnahme auf 100 kg Lebendgewicht bezogen ist, der Nenner des Wirkungsgrades 5320 Kal., und wir erhalten 5,6 %, also, wie bei allen Wärmekraftmaschinen, etwas kleiner als das theoretische Maximum.

Dann unterscheidet Grasmann zwischen Ruhe, mässiger Arbeit und angestrengter Arbeit, während $127 \cdot 10^3$ mkg von Ržiha als mittlere Arbeitsmenge angegeben wird. Vergleichen wir die von Grasmann für angestrengte Arbeit gegebene Zahl mit dem Mittel der drei grössten Tagesleistungen nach Ržiha, $141 \cdot 10^3$ mkg, so bekommen wir 6,2 %. Auch diese Zahl entspricht noch der Forderung der Theorie, dass alle vom Carnotschen abweichenden Prozesse einen kleineren Wirkungsgrad haben müssen als dieser.

Aber der wichtigste und einflussreichste Einwand kann wohl gegen die für den Carnotschen Prozess angenommenen Temperaturen erhoben werden, deren Feststellung, wie bei vielen kalorischen Maschinen, auch hier die grössten Schwierigkeiten bereitet.

Ich habe als höchste Temperatur des Prozesses die Innentemperatur des Menschen angenommen; man kann aber auch, und vielleicht mit grösserem Recht, die Bluttemperatur 39^0 als solche ansehen. Der durch diese Abänderung bedingte Unterschied ist gering, weil sich dadurch Zähler und Nenner des Wirkungsgrades, wenn auch in verschiedenem Masse, vergrössern.

Wichtiger ist die Feststellung der unteren Temperaturen, die aber gerade die grossen Schwierigkeiten bereitet. Da die Kleidung die Wärmeabgabe an die Luft erschwert, entsprechend der Beobachtung, dass der Mensch im Zustande der Ruhe weniger Nahrung aufzunehmen nötig hat, als das ruhende Tier, beide Male bezogen auf dasselbe Lebendgewicht, so findet durch die Kleidung hindurch ein Temperaturgefälle statt, welches man bei der Feststellung der Arbeitsfähigkeit der dem Menschen zugeführten Wärme nicht in Rechnung setzen darf. Man wird deshalb als untere Temperatur des Prozesses die Hauttemperatur ansetzen müssen. Diese schwankt an den verschiedenen bekleideten Stellen des Körpers zwischen $32{,}3^0$ und $35{,}8^0$ und beträgt im Gesicht 31^0.

Nehmen wir, weil von den unbekleideten Körperteilen, eben weil sie unbekleidet sind, mehr Wärme ausstrahlt und abgeleitet wird als von den bekleideten, die letzte Zahl als massgebend, so erhalten wir für den Wirkungs-

1) von Ržiha, Z. d. Vereins deutscher Ing. 1894, S. 742.
2) Grasmann, Physiologie d. Menschen 1900, S. 52.

grad des Carnotschen Prozesses nur 2,6 %. Im Vergleich mit dieser Zahl sind auch die aus den Zusammenstellungen von Ržiha und Grasmann erhaltenen Werte 5,6 % bezw. 6,2 % wiederum zu gross.

Und noch schlimmer wird der Unterschied zwischen Theorie uud Erfahrung, wenn man versuchen wollte, diejenige Arbeit mit in die Rechnung einzusetzen, welche von den, dem Willen nicht unterworfenen Muskeln geleistet wird. Da aber diese Arbeiten kleiner sind, als die Abweichungen der von Ržiha gegebenen täglichen Leistungen voneinander, — beträgt doch die Arbeit des Herzens, des kräftigsten der vom Willen unabhängigen Muskeln, während eines Tages nur $3 \cdot 10^3$ mkg —, so hat es noch keinen Zweck, jetzt schon die Rechnung damit zu erschweren.

Würde man nun die Angaben von Ržiha und Grasmann für richtig und miteinander vereinbar ansehen, so dürfte man den Menschen nicht als Wärmekraftmaschine bezeichnen, d. h. die Gesetze der Thermodynamik wären für den Menschen und somit überhaupt für lebende Wesen nicht gültig.

Wenn man sich aber der oben angeführten Schwierigkeiten der Beobachtung erinnert und gleichzeitig bedenkt, dass sich durch die vorliegende Neuberechnung des Wirkungsgrades der Unterschied zwischen Theorie und Erfahrung im Vergleich mit dem oben angeführten Rühlmannschen Werte ganz bedeutend verringert hat, so wird man zu dem Schlusse geführt, dass durch weitere Beobachtungen auch die jetzt noch vorhandene Differenz beseitigt werden dürfte.

Bei der Anstellung neuer Versuche und Beobachtungen wird man wesentlich beachten müssen, dass der Mensch nicht als einfache kalorische Maschine angesehen werden darf, auf welche der zweite Hauptsatz ohne weiteres angewendet werden kann. Vielmehr wird man den Menschen mit einem Elektrizitätswerk vergleichen können, welches eine grosse Akkumulatorenanlage besitzt.

Dem zweiten Hauptsatz unterworfen ist nur die die Anlage treibende Dampfmaschine. Würde man den Wirkungsgrad derselben bestimmen wollen durch Vergleich der durch den Schornstein abziehenden Kohlensäure, welche als Mass der verbrannten Kohlenmenge dienen kann, mit der in derselben Zeit nach aussen abgegebenen elektrischen Energie zur Zeit der vollsten Belastung des Werkes, wenn also die Akkumulatoren auch voll in Anspruch genommen sind, so würde man sicherlich zu einem viel zu grossen Wirkungsgrad gelangen; während zu anderen Zeiten, wo alle von der Dampfdynamo gelieferte Energie zum Laden der A[illegible] verwendet wird, der Wirkungsgrad der Maschine scheinbar Null wird.

Zu einem Wirkungsgrad, welcher mit dem aus dem zweiten Hauptsatz folgenden verglichen werden darf, gelangt man nur, wenn man dafür sorgt, dass der Zustand des Werkes also namentlich der Energiegehalt der Akkumulatoren am Anfang und Ende der Beobachtung derselbe ist. Während aber beim Elektrizitätswerk die Konstatierung dieses Zustandes verhältnismässig leicht ist, ist diese Feststellung beim Menschen mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, und die Versuche müssen nicht nur auf eine hinreichende Zeit ausgedehnt werden, sondern es muss auch stets der Körperzustand des Menschen einer genauen Kontrolle unterworfen sein.

Erst wenn derartige genaue Beobachtungen vorliegen, wird man endgültig entscheiden können, ob auch der Mensch den Gesetzen der Thermodynamik unterworfen ist, oder ob diese Gesetze, entsprechend den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen, auf lebende Wesen nicht angewendet werden dürfen.

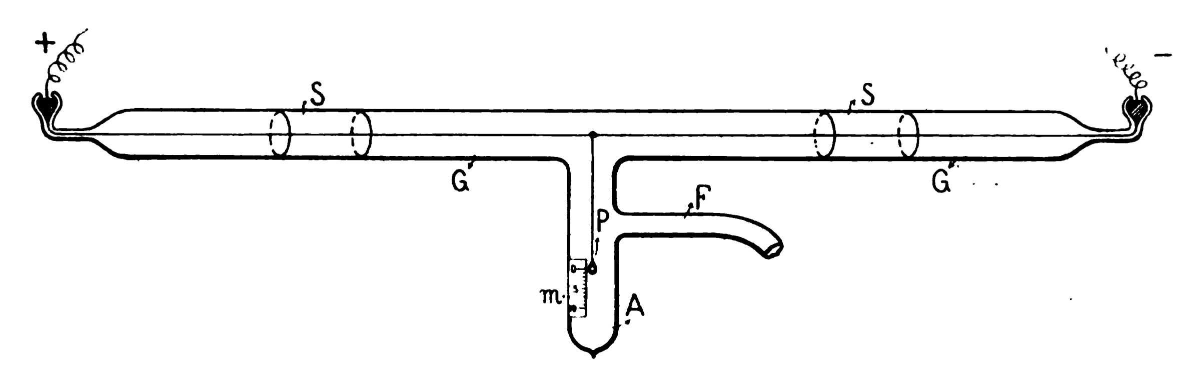
(Eingegangen 16. November 1901.)

Notiz über die Wärmeabgabe eines dünnen Drahtes in einer ausgepumpten Glasröhre.

Von Robert Kempf-Hartmann.

Die Durchbiegung eines eingespannten dünnen Drahtes, wie er bei den Hitzdrahtinstrumenten zum Messen von Wechselströmen Verwendung findet, wird kurze Zeit nach dem Einschalten des Stromes konstant; alsdann überträgt der Draht sämtliche Wärme durch Leitung und Strahlung an die Umgebung. Um einen Anhalt über das Verhältnis beider Arten von Wärmeverlust zu gewinnen, beschloss ich, das Verhalten eines Drahtes im ausgepumpten Glasgefässe zu untersuchen.

An Stelle des gebräuchlichen Platinsilberdrahtes verwandte ich des leichteren Einschmelzens halber einen Platindraht von ca. 0,06 mm Durchmesser, der auf eine Länge von 30 cm unter mässigem Zuge in eine Glasröhre (*G*) eingeschmolzen war. Der Zug wurde noch vergrössert durch ein kleines Glassenkel (*P*), welches in der Mitte des Drahtes eingehakt war und frei in einen angeblasenen Glasansatz (*A*) hineinragte. Es lief in ein angeschmolzenes Kügelchen aus, worin sich das Licht einer entfernten Lampe spiegelte. Die vertikale Bewegung dieses Spiegelbildes wurde durch Visieren an einer Millimeterskala (*m*) gemessen. Der gläserne Fortsatz (*F*) führte zu einer Quecksilberluftpumpe mit Handbetrieb. [illegible]e Stromzuleitung zu dem Hitzdraht geschah



mittels zweier Quecksilbernäpfe, wodurch gleichzeitig der völlige Luftabschluss gesichert wurde.

Die Güte des Vakuums beurteilte ich nach den Entladungserscheinungen eines Induktoriums, dessen Sekundärspule mit zwei Stanniolbelegungen (*S*) in Verbindung stand.

Eine Akkumulatorenbatterie von vier Zellen war in Serie geschaltet 1. mit dem Versuchsinstrument, 2. mit einem Hitzdrahtinstrument von Hartmann & Braun, das bei 0,3 Amp. über die Skala ging, 3. mit einem Galvanometer für Milliampères und 4. einem Stöpselrheostaten.

Da es sich vorläufig nur um einen quantitativen Anhalt handelte, so verzichtete ich auf die Berücksichtigung der Fehlerquellen (Temperaturkoeffizient des Platins, Verzerrung durch die Glasröhre etc.). Genauere Angaben hoffe ich in Bälde mit Hilfe eines Spiegelinstrumentes zu erhalten.

In der Tabelle bedeutet a die Senkung (Durchbiegung) des Drahtes in Millimeter, i die Stromstärke in Ampères, t_I die Zeit, welche bis zur Konstanz der Durchbiegung vergeht und t_{II} die zur Wiedergewinnung des Nullpunktes notwendige Zeit in Sekunden. Die Grössenangabe von t_I und t_{II} entspricht einer ganz rohen Schätzung.

	Güte des Vakuums	i	a	$\frac{i^2}{a}$	t_I	t_{II}
1.	Glimmlicht völlig verschwunden, reines Kathodenstrahlenvakuum	0,014	2,3	0,000085	60	75
2.		0,028	5,3	0,000148	50	80
3.	Wiederbeginn des Glimmlichtes	0,028	3,5	0,000223	25	30
4.		0,040	6,0	0,000267	20	40
5.	Kathodenstrahlen fast verschwunden, rotes Glimmlicht mit Schichtenbildung	0,040	2,2	0,000730	9	12
6.		0,065	5,0	0,000850	10	13
7.	3 mm *Hg*	0,0650	1,5	0,00282	2	3
8.		0,180	5,0	0,00650	1	3
9.	6 cm *Hg*	0,09	1,5	0,00541	—	—
10.		0,23	5,0	0,01106	—	—

Bei weiterem Luftzutritt konnte eine merkliche Abnahme der Empfindlichkeit nicht beobachtet werden.

Es lässt sich also durch Evakuieren eine wesentlich grössere Empfindlichkeit herstellen. Im vorliegenden Falle genügt beim besten Vakuum $^1/_{10}$ des Stromes, um den gleichen Ausschlag herbeizuführen wie bei normalen Luftverhältnissen; dies entspricht der hundertfachen Empfindlichkeit.

Dem Nachteil der verlangsamten Einstellung wird man zum Teil dadurch begegnen können, dass man Drähte von noch geringerer Dicke und von grösserem spezifischen Widerstand wählt, etwa Konstantendraht von 0,03 mm. Letztere Drahtsorte verwendet man bis jetzt nicht gerne, weil sich die Oberflächenbeschaffenheit beim Erhitzen ändert. Im Vakuum wird dies nur in geringem Masse stattfinden können. Ausserdem bliebe auch die Konstante des Instrumentes im Vakuum vor Schwankungen bewahrt, einem Übelstand, der sich bei Versuchen der Firma Hartmann & Braun, empfindliche Spiegelinstrumente zu bauen, leider bemerkbar gemacht hat.

Würzburg, Physik. Institut der Universität.

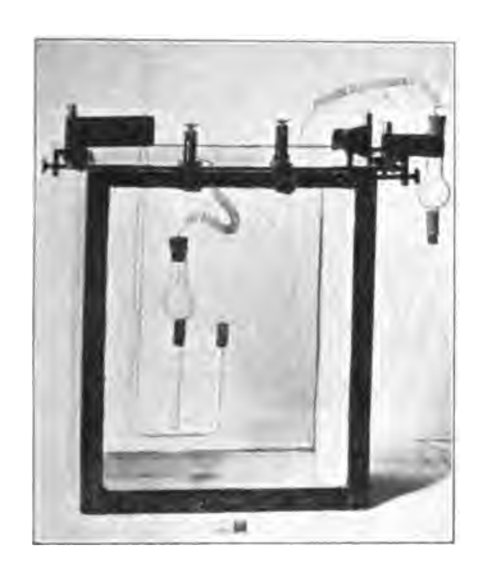
(Eingegangen 18. November 1901.)

Apparat zur Demonstration und Bestimmung von Ionenbeweglichkeiten.[1]

Von R. Abegg.

Der Apparat (s. Figur) besteht aus einem Kasten von rechteckigem Querschnitt; die beiden sich gegenüberliegenden grossen Wände sind Spiegelglasscheiben. Auf dem Rand des Kastens befinden sich, mittels Schrauben an beliebiger Stelle fixierbar: 1. eine federnde Klemme zum Halten des Elektrolysierrohres; 2. zwei federnde Halter für die beiden Elektrodenkammern; 3. zwei Klemmschrauben für die Stromzuleitungen (eine isoliert), die durch Drahtspiralen mit den in Korken befestigten Platinelektroden ständig verbunden sind.

1) Siehe Steele, Trans. Chem. Soc. London **79**, 414—429; Abegg, Zeitschr. f. Elektrochem. **7**, 618; diese Zeitschr. **3**, 124, 1901. (Naturf.-Vers.-Ber.).



Zur Vorbereitung des Versuches sind zunächst die beiden Elektrodenkammern mit den Gelees der Indikator-Elektrolyten zu füllen. Diese werden hergestellt, indem man ungefähr $1/2$ bis 1 normale Lösungen von *LiCl* (ca. 4%) und *Na-acetat* (ca. 12% kryst. Salz) mit so viel Gelatine (in Tafeln) auf dem Wasserbad versetzt, dass sie 12 bis 20prozentig an dieser sind. Durch Zufügung einiger Körnchen von festem HgJ_2 bleiben sie steril und in gut verschlossenen Gefässen dauernd haltbar. Zum Verflüssigen benutze man nur das Wasserbad.

Die Elektrodenkammern verschliesst man vor der Füllung mit den dazugehörigen Schlauchstücken und Korken, die beide mit Vaseline einzufetten sind, damit die erstarrten Gelees nicht daran haften; man schiebt die Korkstopfen so weit ein, dass sie die Rohrenden der Elektrodenkammern berühren. Die so montierten Elektrodenkammern setzt man in ihre Halterklemmen ein, füllt den Kasten mit kaltem Wasser so hoch, dass es die Kugeln der Elektrodenkammern kühlend umgiebt, und giesst die verflüssigten Gelees so hoch hinein, dass die Kugeln etwa halbvoll werden. Das Ende der Erstarrung ist dadurch konstatierbar, dass das Gelee völlig elastisch wird, was man bei leichtem Anschlagen der Elektrodenkammern an den Fingerknöchel erkennt. Erst nach dem völligen Erstarren (was bis $1/2$ Stunde dauern kann, bei *LiCl* leicht noch mehr) füllt man die Kammern bis in den halben Hals mit dem flüssigen Indikator-Elektrolyten, der aus *LiCl* oder zur Vermeidung der Chlorentwickelung, die die Elektroden angreift, noch besser Li_2SO_4 ($+ Li_2CO_3$), resp. *Na-acetat* (+ Essigsäure) in beliebig grosser Konzentration (die Zusätze an Essigsäure nicht zu hoch wegen ihres Angriffs auf das Gelee) besteht, und setzt die Elektroden ein. Die *Li*-Kammer ist mit dem + Pol, die *Acetat*-Kammer mit dem — Pol der Stromquelle von 60 bis 70 Volt zu verbinden. Das Elektrolysierrohr besitzt einen langen Halteschenkel, der zum Eingiessen des Elektrolyten oben trichterförmig ausläuft, die beiden kurzen Schenkel tragen Schlauchansätze, welche die ihrer Verschlüsse entledigten Elektrodenkammern aufnehmen und festhalten. Man zieht das Elektrolysierrohr so hoch, dass die Schlauchenden über das Wasserniveau des Kastens hervorragen und giesst durch das Halterohr so viel einer etwa $1/2$ normalen *NaCl*-Lösung (etwa 3%) ein, dass (zur Verhütung des Einschliessens von Luftblasen) konvexe Flüsigkeitsskuppen über den Schlauchenden stehen. Hierauf schiebt man möglichst schnell und gleichzeitig die beiden Elektrodenkammern in die Schläuche des Elektrolysierrohrs.

Es ist wichtig, die Elektroden schon zuvor mit der Stromquelle verbunden zu haben, damit vor Beginn der Elektrolyse möglichst keine Vermischung durch Diffusion aus dem und in das Gelee erfolgen kann. Die wandernden Grenzen werden so mit Sicherheit scharf und deutlich.

Sofort nach dem Zusammensetzen taucht man den Apparat bis an den halben Hals der Elektrodenkammern in das Wasser.

Die wandernden Grenzflächen erscheinen etwa $1/4$ bis längstens $1/2$ Stunde nach Beginn der Elektrolyse unterhalb der Schlauchverbindungen und können dann in der Projektion oder bei passender Beleuchtung[1]) durch Kathetometerablesung messend verfolgt werden.

Man kann die Elektrodenkammern mit ihrer Geleefüllung mehrfach benutzen, wenn man den flüssigen Elektrolyten darüber entfernt und durch luftdichten Verschluss das Austrocknen verhütet. Der Gummischlauch-Korkverschluss am unteren Ende genügt dazu nicht, sondern derselbe muss in Wasser oder mit Feuchtigkeit gesättigter Luft stehen. Man signiere die Elektrodenkammern mittels Fettstifts mit + resp. —.

Die Dimensionen des gelieferten Elektrolysierrohres erfordern bei Füllung mit *NaCl*-Lösung 60 bis 70 Volt Spannung; will man wesentlich andere Spannungen benutzen, so braucht man derartig veränderte Längen des Elektrolysierrohres, dass der Potentialfall per Centimeter der gleiche, wie für die gelieferte Dimension

1) Da die Sichtbarkeit der Grenzen auf Totalreflexion der beleuchtenden Lichtstrahlen zwischen den beiden verschiedenbrechenden Lösungen beruht, so benutzt man vorteilhaft bei diffuser Beleuchtung einen senkrecht verschiebbaren schwarzweissen Schirm mit scharfem horizontalen Rand, den man hinter dem Kasten leicht so einstellen kann, dass die Lösungsgrenze einen scharfen Reflex giebt, ähnlich wie man bei Bürettenablesungen einen schwarz-weissen Papierstreifen benutzt. Durch Aufwendung optischer Hilfsmittel liesse sich die Beleuchtung natürlich noch erheblich vervollkommnen. Auch leistet eine passend verstellbare kleine elektrische Doppellampe gute Dienste.

bei 60 bis 70 Volt ist.[1]) Bei Benutzung einer 3 prozentigen $NaCl$-Lösung liegt die bei richtigem Potentialgefälle entstehende Stromstärke zwischen 9 und 14 (im ersten Augenblick bis 17) Milliampères für die gelieferte Rohrweite; sie fällt in den ersten Minuten des Stromschlusses schnell, im Verlauf des Vorrückens der Grenzen langsam weiter ab.

Der komplette Apparat wird für 24 M., eine für kathetometrische Messung zur Beleuchtung bestimmte elektrische Doppellampe (4 Volt) mit Kugelgelenkverstellungen am Stativ für 12 M. von Herrn Mechaniker Erwin Kerker, Schuhbrücke 47, Breslau, geliefert.

1) Die abgebildete und gelieferte Form des Elektrolysierrohres ist natürlich nur für leichtere Indikator-Elektrolyte (von kleinerem Dichtemodul) als der zu messende Mittelelektrolyt brauchbar. Für andere Fälle sind andere leicht herstellbare Rohrformen nötig, wie die Figuren bei Steele resp. Abegg (l. c.) zeigen.

(Eingegangen 19. November 1901.)

Über einen Apparat zur photometrischen Messung hoher Temperaturen.

Von H. Wanner.

In dieser Zeitschrift 1, 226—227, 1900 habe ich gezeigt, wie mit Hilfe eines Photometers auf Grund der Wienschen Formel die Temperatur lichtausstrahlender Körper gemessen werden kann. Bezeichnet J die Intensität der Strahlung, λ die mittlere Wellenlänge eines schmalen Spektralbezirkes, T die absolute Temperatur und c_1 und c_2 zwei Konstanten, so ist nach Planck

$$1)\qquad J = c_1\,\lambda^{-5}\cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}\,\frac{1}{1-e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}}$$

Für kleine Wellenlängen wird der letzte Bruch gleich 1 und die Plancksche Formel geht in die Wiensche über. Logarithmiert man das Verhältnis zweier Intensitäten J_1 und J_0, so wird

$$2)\qquad \log\frac{J_1}{J_0} = \frac{c_2}{\lambda}\cdot\log e\cdot\left(\frac{1}{T_0}-\frac{1}{T_1}\right).$$

Bezeichnen λ, J_0 und T_0 bekannte Grössen, so ergiebt sich aus dieser Gleichung die gesuchte Temperatur T_1. Für die Konstante c_2 habe ich 14500 angenommen.

Jetzt habe ich einen handlichen Apparat konstruiert, der geeignet ist, auch in der Technik als Pyrometer zu dienen. Da bei einigermassen weiten Temperaturintervallen die Lichtintensitäten ausserordentlich zunehmen, ist zur Messung derselben ein Polarisationsphotometer am zweckmässigsten. Ist nämlich für $\lambda = 0{,}6563\,\mu$ und 1000^0 C. die Strahlung gleich 1, so ist sie für 1500^0 das 134fache, für 2000^0 das 2134fache. Schmidt & Haensch in Berlin haben für den vorliegenden Zweck nach dem A. Königschen ein Spektralphotometer[1]) hergestellt mit einem für $\lambda = 0{,}6563\,\mu$ geradsichtigen Prisma, dessen Okularblende nur das genannte Licht durchlässt. Durch geeignete Wahl der optischen Bestandteile hat das Instrument eine handliche Kürze (30 cm) bekommen. Die Drehung des Okularnikols wird an einem in Grade geteilten Kreise ohne Nonius abgelesen, da sich ein solcher für die technische Verwendung von selbst verbot. Als Vergleichslicht dient eine vorn am Instrument angebrachte 6-Voltglühlampe, deren Licht durch ein rechtwinkliges Prisma in den Kollimatorspalt gelangt. Da die eine Kathetenfläche fein mattiert ist, wird das beleuchtete Feld sehr gleichmässig.

Wegen des starken Lichtverlustes durch die polarisierenden Elemente des Instrumentes und durch das Zwillingsprisma, sowie wegen der geringen Öffnung des Prismas, die wiederum die Kürze des Instrumentes bedingte, ist die mit diesem Apparate erreichbare untere Temperaturgrenze etwa 900^0. Die obere ist zum Teil willkürlich und hängt zunächst von der Intensität des Vergleichslichtes ab. Mit der 6-Voltlampe kann bis etwa 2000^0 C. gemessen werden. Hierdurch wird für die am meisten vorkommenden Temperaturen 1200^0—1600^0 die grösste Empfindlichkeit erzielt, wie die weiter unten mitgeteilte Tabelle ergiebt. Indessen lässt sich die obere Grenze der Temperatur ausser durch Veränderung des Vergleichslichtes auch durch Einschieben von Rauchglas in den Strahlengang des zu messenden glühenden Körpers nach Belieben ändern und so ein Instrument herstellen, dessen Messungsintervall höher liegt, oder das für ein bestimmtes Intervall grössere Empfindlichkeit gewährt.

Wie ersichtlich dient die von der kleinen Glühlampe beleuchtete mattierte Kathetenfläche als die in der Gleichung (2) angegebene Normale J_0 und T_0. Da die Lampe von Akkumulatoren mit 10 Ampèrestunden Kapazität gespeist wird, ist ihre Helligkeit während einer längeren Zeit als konstant anzusehen. Um sie indessen immer wieder, wenn nötig, auf dieselbe Intensität einstellen zu können, wird jedem Apparate eine Amylacetatlampe beigegeben, die eine kleine fest angebrachte Mattscheibe beleuchtet, und deren Flammenhöhe durch Marken auf dieselbe Höhe gebracht wird. Diese Lampe wird durch ein besonderes Stativ, das auch das Photometer aufnimmt, in eine unveränderliche Stellung zu letzterem gebracht. Die Einhaltung dieser Stellung ist sehr wichtig, da die verschiedenen Stellen der Mattscheibe verschiedene scheinbare Temperaturen ergeben

1) Die Erzeugung genügend homogenen Lichtes ist nicht anders, als durch spektrale Zerlegung möglich. Versuche mit einem Rubinglas an Stelle des Prismas haben mir gezeigt, dass in diesem Falle die Wiensche Formel nicht mehr gültig ist.

können. Bei der von mir gebrauchten Lampe war diese scheinbare Temperatur durch Vergleich mit der Strahlung eines schwarzen Körpers zu 1162° C. gefunden.

Damit die Kontrolle der Glühlampe im Hinblick auf die Verwendung in der Technik möglichst einfach vor sich geht, wird die Alhidade des Okularnikols auf einen ein für allemal bestimmten Teilstrich gestellt und die Glühlampe durch einen eingeschalteten kleinen Widerstand reguliert, bis die beiden Gesichtsfeldhälften des Instrumentes gleich hell erscheinen. Für genauere Einstellungen kann man nunmehr durch verschiedene erneute Einstellungen die Richtigkeit prüfen und einen etwaigen kleinen Fehler korrigieren. Es bleibt noch zu bemerken, dass die Flammenhöhe der Acetatlampe vom Okularende des Apparates aus kontrolliert werden kann.

Zur Besprechung der Genauigkeit nehme ich zunächst an, dass der strahlende Körper, dessen Temperatur gemessen werden soll, schwarz sei. Es ist bekanntlich möglich, zwei Flächen auf gleiche Helligkeit mit einem Fehler von 1 Proz. einzustellen. Hat man nun bei 1000° C. des strahlenden Körpers dies Gesichtsfeld mit + 1 Proz. Fehler gleich hell gemacht, so ist der daraus entspringende Temperaturfehler $\pm$ 0,75°, bei etwa 1500° + 1,0°, bei etwa 1800° $\pm$ 1,1°. Hieraus ist der Schluss gestattet, dass der durch diesen Mangel des Auges hervorgerufene Fehler in der Temperatur zu vernachlässigen ist, ein Umstand, der bei dem rapiden Wachstum der Intensität mit der Temperatur nicht auffällig sein kann.

Eine weitere Frage ist die, ob die Ablesung ohne Nonius am Okularkreise diese Genauigkeit gewährleisten kann. Am besten lässt sich das an der Hand einer Tabelle verfolgen. Die Zahlen unter A bedeuten Ablesungen am Nikol, die unter T die Temperaturen in Celsiusgraden.

A	T	Δ
104	1003	
105	1012	9
117	1102	
118	1109	7
132	1202	
133	1209	7
145	1300	
146	1310	10
155	1408	
156	1421	13
161	1502	
162	1623	21
165	1596	
166	1526	30
170	1799	
171	1869	70

Nimmt man nun an, dass $^1/_{10}$° am Kreise richtig geschätzt wird, — eine Grösse, die immer noch oberhalb des möglichen Einstellungsfehlers bei 1 Proz. Helligkeitsunterschied liegt — so ergiebt sich bei 1800° ein Unterschied von 7°. Die Dezimalen der Temperaturangaben sind deshalb von vornherein weggelassen.

Der hauptsächlichste Fehler liegt in dem Gebrauch einer Amylacetatlampe als einer Konstanten. Die Leuchtkraft derselben hängt von der Reinheit des Brennmaterials, von der Beschaffenheit der Luft und der Flammenhöhe ab. Die beiden ersten Punkte glaube ich vernachlässigen zu dürfen, da das Material genügend homogen dargestellt wird und die Luft des Zimmers, in welchem eingestellt wird, immer rein genug hergestellt werden kann. Um den Einfluss der Flammenhöhe zu prüfen, habe ich die Höhe um 2—3 mm variiert. Dadurch änderte sich die scheinbare Temperatur (für $\lambda = 0,6563\ \mu$) um weniger als 1 Proz.

Nun ist ferner die angegebene Art der Einstellung der Glühlampe auf die Normallampe in Bezug auf die Fehlergrösse etwa einer einzigen Einstellung des Okularnikols gleich zu achten. Daraufhin habe ich meine sämtlichen Beobachtungen durchgesehen und gefunden, dass der in der Temperatur hierdurch hervorgerufene Fehler in seltenen Fällen bis zu 10° betrug, d. h. ungefähr 1 Proz. Wird nun die Temperatur der Normalen um diesen Betrag zu hoch oder zu tief angenommen, so wird die Ablesung bei 1800° um etwas weniger als 20° falsch sein, also nur um etwa 1 Proz. Im allgemeinen wird jedoch bei einiger Sorgfalt der Fehler geringer sein.

Fasse ich alles zusammen, so erhalte ich folgendes Resultat: Die Unfähigkeit des Auges, Helligkeitsdifferenzen unter 1 Proz. zu bemerken, erzeugt keinen merklichen Fehler, da die Genauigkeit der Ablesung am Kreise an und für sich grösser ist. Hierfür ist insgesamt unter Umständen ein Fehler von 1 Proz. möglich. Da durch die Amylacetatlampe ein Fehler von 1 Proz. im allerungünstigsten Falle hinzukommen kann, wird in diesem Falle der Fehler bis 2 Proz. wachsen können. Im allgemeinen wird der Fehler unter 1 Proz. bleiben.

Zum Beweise folgen einige willkürlich herausgegriffene Temperaturbestimmungen eines schwarzen Körpers, dessen Temperatur vor und nach der Photometrierung durch ein von der Reichsanstalt geeichtes Thermoelement gemessen wurde. Die Bestimmung der elektromotorischen Kraft desselben geschah durch Kompensation und durch Vergleich mit einem geprüften Normalelement. Der benutzte schwarze Körper bestand aus zwei mit Luftzwischenraum ineinander geschachtelten Porzellantiegeln in Asbestpackung, deren innerer drei durch Blenden abgeteilte Kammern besass. Die letzte enthielt das Thermoelement. Um den äusseren Tiegel war Platinblech gewunden, das durch den Strom

des städtischen Elektrizitätswerkes erhitzt wurde. An dem Thermoelement zeigte sich, wenn längere Zeit erhitzt war, ziemliche Konstanz, doch waren, auch bei Auswahl der günstigsten Stunden am Vormittage niemals geringe Schwankungen zu vermeiden. Die Beobachtungen wurden gemacht, sobald die Konturen der letzten Blende nicht mehr wahrgenommen werden konnten.

Th.-El.	Photom.	Δ
1269,8	1262	—7,8
1297,3	1297	—0,3
1415,1	1420	+4,9
1248,8	1240	—8,8
1508,2	1509	+1,2
1249,8	1245	—4,8
1205,3	1210	+4,7
1364,8	1357	—7,8
1465,1	1461	—3,9
1181,0	1184	+3,0

Die verschiedenen Gruppen von Messungen verteilen sich auf verschiedene Tage. Bezüglich der Grösse der Differenzen ist das oben über die Schwankung der Temperatur Gesagte zu berücksichtigen.

Wenn der strahlende Körper nicht schwarz ist, ist eine allgemeine gültige Angabe des Fehlers nicht möglich. Die meisten in der Technik benutzten Öfen sind aber hinreichend schwarz und auch die Messung offen glühender fester und flüssiger Körper wird innerhalb der von der Technik verlangten Grenzen richtig sein. Selbst bei Flammen, die genügend undurchsichtig sind (für $\lambda = 0,6563$), lässt sich Steigerung und Abfall der Temperatur messend verfolgen, während die wahre Temperatur im allgemeinen höher als die gemessene sein wird.

An einem Hochofen der Ilseder Hütte erhielt ich aus Messungen in Gegenwart des Herrn Professor Rinne für die abfliessende Schlacke 1372°, dieselbe Temperatur für das Eisen beim Beginn des Abstichs mit Schwankungen bis 1330°, in der Form als es noch flüssig war: bis 1230°. Erstarrendes Eisen gab etwa 1012°, Schlacke am Abstichloch 1400°. Im Düsenstock waren etwa 1600°, im Schauloch, als das Gebläse im Betriebe war, 2050°.

Die Vorteile des neuen Pyrometers[1]) sind seine ausserordentliche Handlichkeit und die Schnelligkeit des Einstellens, gegenüber dem Thermoelement die unbegrenzte Dauerhaftigkeit und die Ausdehnung der Skala bis zu den höchsten Temperaturen, so dass die Einführung in die Technik nicht lange auf sich warten lassen dürfte. Auch der wissenschaftlichen Chemie öffnet sich durch die Möglichkeit, hohe Temperaturen exakt zu messen, ein noch unbebautes Gebiet.

1) Zu beziehen von Dr. R. Hase, Hannover.

Waldhausen, den 20. Nov. 1901.

(Eingegangen 22. November 1901.)

Über die chemische Wirkung der Kathodenstrahlen.

Von G. C. Schmidt.

Dass Kathodenstrahlen lichtempfindliche Stoffe zersetzen, ist eine schon seit längerer Zeit bekannte Thatsache. Nach Herrn Goldstein[1]) ist die Ursache dieser Erscheinung das Auftreten einer ganz dünnen Schicht von ultraviolettem Licht an der Stelle, wo die Kathodenstrahlen den Körper treffen. Hierdurch erklärt sich zwanglos, dass Kathodenstrahlen auf Silberchlorid u. s. w. photographisch einwirken können.

Man kann sich von dieser Wirkung noch eine andere Vorstellung bilden. Nach unserer heutigen Auffassung bestehen die Kathodenstrahlen aus fortgeschleuderten kleinen, negativ geladenen Teilchen, den sogenannten Elektronen. Treffen sie auf ein Salz, z. B. Silberchlorid, welches aus einem positiv geladenen Silber- und einem negativ geladenen Chloratom besteht, : $Ag_2 \ddagger Cl_2^{=}$, so kann das Elektron nur auf die Weise dauernd festgehalten werden, dass es die eine Valenzladung des Silbers sättigt. Das letztere vermag dann nicht mehr zwei Atome Chlor zu binden, das eine entweicht, verbindet sich mit einem positiv geladenen Elektron oder vereinigt sich auf andere Weise zu einem indifferenten Chlormolekül. Es bleibt somit das Silbersubchlorid $Ag_2 \ddagger Cl$ zurück, bei dem die eine Valenzladung des Silbers durch ein Elektron gesättigt ist. Will man annehmen, dass das Chlor zweiwertig ist — und das entspricht mehr unseren landläufigen Anschauungen — so muss man noch die weitere Hypothese hinzufügen, dass das negative Elektron zum Chlor wandert : $Ag_2 \ddagger Cl^{=}$.

Ist diese Anschauung richtig, dass die Elektronen direkt eine Valenzladung sättigen können, und dass dann das negative Radikal, falls es flüchtig ist, entweicht, so müssen die Kathodenstrahlen alle Verbindungen mit flüchtigen Säureradikalen reduzieren. Ich habe diese Annahme geprüft, sie hat sich durchweg bestätigt.

Die Zahl der Verbindungen, welche zu einer Prüfung geeignet sind, ist eine sehr beschränkte. Da nämlich die Kathodenstrahlen nur die äussersten Schichten zersetzen, so müssen die chemischen Reaktionen äusserst scharf sein. Gleichwohl habe ich doch Beispiele für die drei Hauptklassen von Verbindungen, bei denen das Metall drei-, zwei-, bez. einwertig ist, auffinden können.

Eisenchlorid wird nach kurzer Zeit in Eisenchlorür verwandelt. Ultraviolettes Licht

1) Wied. Ann. 11, 832, 1880.

spielt hierbei keine Rolle, da die Wirkung durch Flussspat und Quarz aufgehoben wird.

Quecksilberchlorid wird zu Quecksilberchlorür reduziert.

Silberchlorid geht in Silbersubchlorür Ag_2Cl über. Dass die durch Kathodenstrahlen neu entstehende Verbindung die Zusammensetzung Ag_2Cl besitzt, konnte durch Messung des Potentials gegen $^1/_{10}$ normal Salzsäure bestimmt werden. Das Potential des durch Kathodenstrahlen veränderten Salzes unterschied sich noch nicht um $^1/_{1000}$ Volt von dem des Silbersubchlorürs.

Haloidsalze der Alkalimetalle. Dafür dass die an den Haloidsalzen der Alkalimetalle auftretenden Färbungen von Subchloriden bez. Subbromiden herrühren, haben E. Wiedemann und ich[1]) eine grosse Reihe von Gründen beibringen können. Mit Hilfe des sehr empfindlichen, allerdings auch sehr heiklen Emichschen[2]) Verfahrens habe ich jetzt nachweisen können, dass schon nach einmaliger Bestrahlung mit Kathodenstrahlen Chlorkalium nach dem Lösen in Wasser alkalisch reagiert, dass somit die Färbungen Subchloriden zugeschrieben werden müssen.

1) Wied. Ann. **64**, 78, 1898.
2) Monatshefte für Chemie **22**, 671, 1901.

Erlangen, Physikalisches Institut.

(Eingegangen 25. November 1901.)

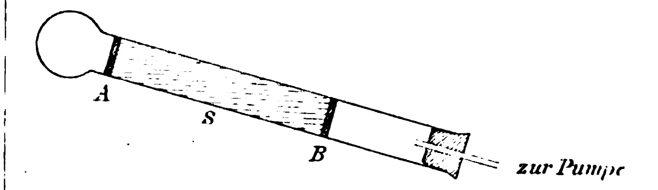
Über künstliche Färbung von Krystallen der Haloidsalze durch Einwirkung von Kalium- und Natriumdampf.

Von G. C. Schmidt.

Bekanntlich nehmen die Haloidsalze der Alkalimetalle unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen mehr oder minder intensive Färbung an. Herrn F. Giesel[1]) gelang es, ähnliche Färbungen zu erhalten, dadurch, dass er die betreffenden Haloidsalze in zugeschmolzenen Röhren bis zur beginnenden Rotglut in Natrium- bez. Kaliumdampf erhitzte. Dabei beschränken sich diese Färbungen nicht, wie bei den durch Kathodenstrahlen gefärbten Salzen, auf eine äusserst dünne Oberflächenschicht, sondern sie durchdringen die ganze Masse, ohne den Krystall seiner Klarheit zu berauben.

Sehr leicht lassen sich diese Färbungen auf folgende Weise erhalten. Ein Rohr aus schwer schmelzbarem Glase von ungefähr 20 cm Länge wird an einem Ende zu einer kleinen Kugel ausgeblasen. In dieselbe werden ein

1) F. Giesel, Chem. Ber. **30**, 156–158, 1897. Beibl. **21**, 337, 1897.



oder zwei Stückchen Natriummetall gebracht, und die Röhre bei A durch einen lose anliegenden Pfropfen aus Glaswolle oder Asbest verschlossen. Hierauf wird etwas Salz S geschüttet, und damit dasselbe nicht herabfällt, bei B wiederum ein Pfropfen aus Glaswolle angebracht. Das Rohr wird durch einen Gummistopfen, der zu einer Wasserstrahlluftpumpe führt, geschlossen. Nachdem evakuiert worden ist, erhitzt man das Natriummetall stark mit einer Bunsenflamme. Dasselbe schmilzt und es entweichen dabei Petroleumdämpfe, die durch Erhitzen und fortwährendes Pumpen entfernt werden. Jetzt wird auch das Salz mit einem zweiten Brenner erhitzt. Sobald die Dämpfe des siedenden Natriums mit demselben in Berührung kommen, tritt die prachtvoll blaue Farbe des Subchlorids auf.

Die Methode hat vor der Gieselschen den Vorzug, dass sie äusserst leicht auszuführen ist — sie eignet sich sehr zu einem Vorlesungsversuch — und dass man genau die Farbenänderung mit dem Auge verfolgen kann.

Ich habe nach dieser Methode Chlorkalium, Chlornatrium u. s. w. gefärbt. Natriumkarbonat und Kaliumkarbonat blieben unverändert.

Erlangen, Physikalisches Institut.

(Eingegangen 25. November 1901.)

Darstellung der Meniskusänderungen gesättigt-dampfförmiger Substanzen.

Von Viktor Blaess.

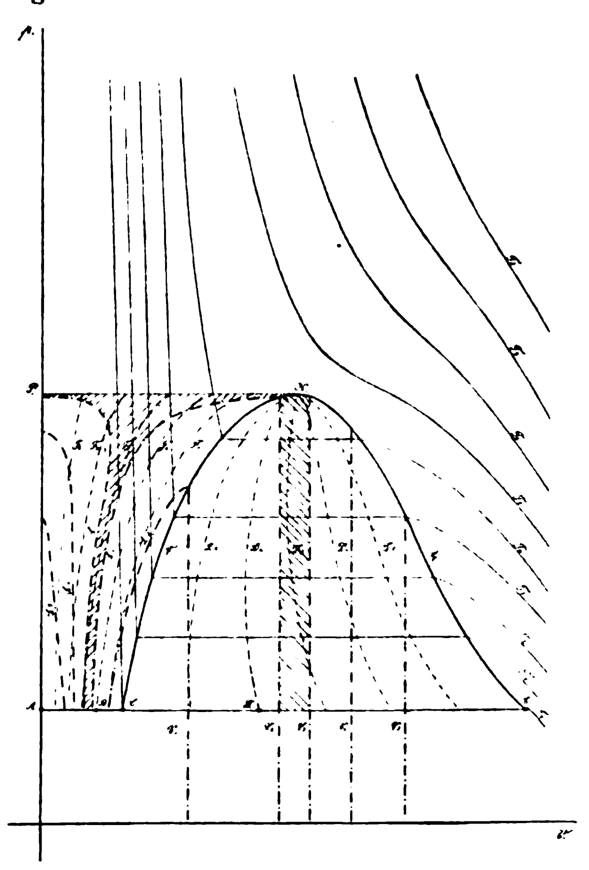
Denkt man sich das spezifische Volumen, den spezifischen Druck und die absolute Temperatur eines Körpers in einem Raumkoordinatensysteme aufgetragen, so erhält man bekanntlich die Zustandsfläche dieses Körpers.

Von hoher Bedeutung sowohl für die Naturerkenntnis als für ihre Anwendung auf das praktische Leben ist die genaue Kenntnis desjenigen Teiles der Fläche, durch dessen Punkte alle dampfförmigen Zustände einer Substanz bestimmt sind. Wenn keine Überhitzung und keine Übersättigung besteht, so ist bekanntlich die Dampffläche ein Cylinder, für dessen Leitlinie in Ermangelung eines analytischen Gesetzes schon eine grosse Anzahl

empirischer Formeln verschiedentlich in Vorschlag kamen.

Da man in einfachster Weise einen Körper dann als gesättigt-dampfförmig bezeichnet, wenn er als Dampf in Berührung mit seiner Flüssigkeit stehen kann, so erkennt man leicht, dass, unter Voraussetzung einer bestimmten Menge Substanz, bei Veränderung der die Dampfform bedingenden Einflüsse eine gewisse Beziehung zwischen dem Volumen der Flüssigkeit und demjenigen des darüberstehenden Dampfes bestehen muss.

Um nun die Art der Abhängigkeit von den Temperatur-, Druck- und Volumänderungen festzustellen, möchte ich hier kurz eine Methode kennzeichnen, die es ermöglicht, an Hand einer einfachen Darstellung die Vorgänge leicht verfolgen zu können:



In der Figur liegt horizontal die v-Achse; zu ihr senkrecht ist die p-Achse. Die als bekannt vorausgesetzte Zustandsfläche einer beliebigen Substanz, z. B. Kohlensäure, werde durch Ebenen parallel der v-p-Ebene im Abstande der absoluten Temperaturen geschnitten, so dass man als Projektionen der Schnitte die Isothermen T_0, T_1 etc. erhält. Die untere Grenzlinie der Dampfregion sei F, die obere sei G. Innerhalb der Kurve FG stellt jeder Punkt die Substanz in gesättigt-dampfförmigem Zustande dar, und denkt man sich einen solchen fixiert, so wird man gemäss obiger Definition auf einer durch ihn gehenden Geraden parallel zur v-Achse einen andern Punkt finden können, dessen Abszisse das Volumen der unter ihrem Dampfe stehenden Flüssigkeit ist.

Um in der Figur den Punkt B zu finden, der in obigem Sinne dem Punkt D in der Dampfregion zugeordnet ist, beachte man folgendes:

Nach bekannter Bezeichnung ist, wenn die Einheit der Substanz zu Grunde gelegt ist und man unter x die spezifische Dampfmenge versteht:

$$AC = \sigma$$
$$CE = u.$$

Hat das Gemisch das Volumen $v = AD$, so ist, da

$$v = ux + \sigma$$
$$x = \frac{CD}{CE}.$$

Ist AB das Flüssigkeitsvolumen, so muss das Volumen BC verdampft sein, also ist auch

$$x = \frac{CB}{CA},$$

d. h. bei zugeordneten Punkten B und D muss sein:

$$CD : CE = CB : CA.$$

Sucht man also die „Flüssigkeitslinie“, wie sie kurz heissen mag, welche einer Kurve konstanter Dampfmenge, der „Dampflinie“, zugeordnet ist, so hat man nur, um deren Punkte zu finden, beliebige Parallelen zur v-Achse von der Grenzlinie F bis zur Grenzlinie G in demselben Verhältnis zu teilen, wie von F bis zur p-Achse; oder was dasselbe ist: um eine Schar zugeordneter Linien zu erhalten, hat man beliebige Parallelen von F bis G in ebensoviele gleiche Teile zu teilen, wie von F bis zur p-Achse. Flüssigkeitslinien und Dampflinien sind also in gewissem Sinne an F gespiegelt: F ist ihre eigene Flüssigkeitslinie, während die p-Achse der Grenzlinie G als Flüssigkeitslinie zugeordnet ist.

Um nun die Meniskusänderungen bei Erhitzung einer Substanz zu bestimmen, z. B. in einem geschlossenen Glasröhrchen, beachte man, dass hierbei das Volumen konstant ist (das Röhrchen soll sich nicht ausdehnen). Eine solche Zustandsänderung wird dargestellt durch eine Parallele zur p-Achse. Wo nun diese Gerade eine Dampflinie schneidet, liegt in demselben Abstand des Schnittpunktes von der v-Achse auf der Flüssigkeitslinie der konjugierte Meniskuspunkt.

In der Figur sind einige solcher Zustandsänderungen gezeichnet, und man erkennt, dass bei kleinerem Röhrenvolumen v_1 die Flüssigkeit bei Erwärmung allmählich den ganzen Raum gemäss der Kurve L_1 ausfüllt, während bei

grossem Röhrenvolumen v_5 der Meniskus nach der Linie L_5 sinkt, bis aller Inhalt verdampft ist. Von Interesse sind die beiden wenig voneinander verschiedenen Röhrenvolumina v_2 und v_3.

Während sich noch die Röhre v_2 ganz mit Flüssigkeit füllt, verdampft bei wenig grösserem Volumen der Inhalt vollständig, wie dies die Kurve L_3 veranschaulicht. Zustandsänderungen, welche also zwischen v_2 und v_3 stattfinden, haben in der Nähe der kritischen Temperatur grosse Meniskusschwankungen zur Folge, wie die schraffierte Fläche zeigt.

Alle diese Resultate lassen sich leicht durch das Experiment bestätigen.

Dass das Volumen der Flüssigkeit im kritischen Punkte ein „indifferentes Volumen" ist, ergiebt sich daraus, dass jede Zustandsänderung, als Kurve aufgefasst, im kritischen Punkte alle Dampflinien, da dieselben sich hier berühren, schneidet, so dass jeder Punkt der Geraden PK dem kritischen Punkte zugeordnet ist.

Wie man natürlich auf diese Weise zu jeder ganz beliebigen Zustandsänderung die Änderung des Flüssigkeitsvolumens bestimmen kann, so sind auch umgekehrt leicht die Zustandsänderungen zu bestimmen, bei welchen die Meniskusbewegung gewissen Bedingungen unterworfen sei: so kann z. B. diejenige Zustandsänderung von Interesse sein, bei welcher das Flüssigkeitsvolumen konstant ist, d. h. bei welcher der Meniskus sich nicht ändert, welche Kurve dadurch gefunden wird, dass man zu einer Parallelen zur p-Achse in der Flüssigkeitsregion die konjugierten Punkte in der Dampfregion sucht. Beachtenswerth ist hierbei, dass alle solche Kurven durch den kritischen Punkt gehen, welcher alsdann bei zunehmender Erwärmung auch als äusserster Punkt jeder solcher Zustandsänderung bezeichnet werden kann.

Darmstadt, im Oktober 1901.

(Eingegangen 25. November 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

J. Schubert (Eberswalde), Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre. [1])

Die Energie, welche der Erdoberfläche bei Erwärmung durch die Sonnenstrahlung zugeführt wird, teilt sich nach unten dem festen Erdboden und den Gewässern, nach oben der Atmosphäre mit. Ebenso wird bei Ausstrahlung und Abkühlung der Energieverlust von Land, Wasser und Luft bestritten. Es fragt sich, wie gross die hierbei im Laufe der täglichen oder jährlichen Periode umgesetzten Energiemengen sind. Bezeichnet C die Wärmekapazität pro Volumeneinheit, ϑ die Temperatur, h den Abstand von der Erdoberfläche, H eine Tiefe, in welcher die täglichen oder jährlichen Temperaturschwankungen verschwinden, so ist

$$u = \int_0^H C\vartheta\, dh$$

die Energie- oder Wärmemenge, welche dem Boden pro Flächeneinheit zugeführt wird, während die Temperatur von o auf ϑ Grad steigt. Wir bezeichnen sie kurz als Bodenwärme. Nimmt man für Wasser $C = 1$, so wird der Ausdruck für die Wasserwärme einfach

$$u = \int_0^H \vartheta\, dh.$$

1) Abteilung 6, 24. September 1901.

Für die Luft fügen wir die Bedingung hinzu, dass der Druck konstant bleibe, und wenn dann ϱ die Dichte, c_p die spezifische Wärme bedeutet, so nennen wir

$$u = \int_0^H \varrho\, c_p\, \vartheta\, dh$$

mit W. von Bezold den Wärmegehalt der Atmosphäre bis zur Höhe H, berechnet für eine über der Flächeneinheit sich erhebende Luftsäule, oder kurz die Luftwärme.

Der tägliche oder jährliche Wärmeaustausch oder -umsatz wird als Differenz zwischen dem Maximum und Minimum von u gefunden. In der folgenden Übersicht wurden die Angaben für Finnland durch Mittelbildung aus den von Homén gefundenen Zahlen erhalten, der Wert für die Ostsee und der für die Nordsee nach Petterson angeführt. Die anderen Werte sind von mir berechnet, für den Hintersee nach Angaben von Seligo; die Temperaturmittel der fünf dänischen Leuchtschiffstationen (1880—87) sind dem Segelhandbuch der Seewarte für die Ostsee entnommen. Zur Berechnung des Wärmegehaltes der Atmosphäre habe ich die Formeln für die Lufttemperatur in verschiedenen Höhen benutzt, durch welche Hann die Resultate der Ballonbeobachtungen nach Tessereinc de Bort darstellt (Meteorol. Zeitschrift 1901. Jan.). Dabei ist der Feuchtigkeitsgehalt auf Grund der Ergebnisse der Berliner

Luftfahrten als Funktion der Temperatur angesehen worden. Die Angaben beziehen sich auf Paris.

Man hat immer im Auge zu behalten, dass es sich hier um Näherungswerte handelt, welche zum Teil nur die Grössenordnung angeben sollen. Insbesondere wird die Berechnung des Wärmegehaltes der Atmosphäre beim Fortschreiten der Beobachtungen der Verbesserung bedürfen; der hier gefundene Wert erscheint im Vergleich zu dem von W. von Bezold berechneten (1200 cal/cm² bis 4 km Höhe) etwas hoch. Es ist beachtenswert, dass bei den verschiedenen Beobachtungsreihen für den täglichen Gang die Reihenfolge die gleiche ist. Auch der Wert für die dänischen Stationen erscheint recht gut verbürgt. Die übergeschriebenen Buchstaben haben folgende Bedeutung:

a) Südliches Finnland in der Nähe des Lojosees. 4 Tage und 3 Nächte im August und September 1892.

b) Ebenda. 6 Tage und 4 Nächte im August bis Oktober 1896.

c) Eberswalde, Wald- und Feldstation, Sandboden, oben humös, im Walde mit Untergrund von Lehm. 16. bis 30. Juni 1879. Rechts daneben stehen die Werte des jährlichen Wärmeaustausches in Eberswalde für die Periode 1876—1890.

Der Wärmeaustausch
im festen Boden, in Gewässern und in der Atmosphäre.

Sitz des Wärmeaustausches, Bodenart, Name der Gewässer	Täglicher Wärmeumsatz a	b	c	Jährl. cal/cm²
Land:				
Moorboden } mit Nadelwald bestanden	15	—	—	—
Sandboden } mit Nadelwald bestanden	21	—	24	1290
Moorwiese	43	33	—	—
Sandboden	80	65	62	1850
Granitfelsen	—	134	—	—
Luft				2800
Wasser:				
Hintersee in der Provinz Westpreussen (tiefste Stelle 24 m)				28000
Ostsee (bis 55 m Tiefe)				45000
Mittel aus 5 dänischen Stationen (auf grössere Tiefe ergänzt)				46000
Nordsee (bis 200 m Tiefe)				70000

Die Angaben sind durchweg in Grammkalorien pro Quadratcentimeter gemacht.

Die ausserordentliche Wichtigkeit der zusammengestellten Thatsachen ist nicht zu verkennen. Wir heben folgende Hauptpunkte hervor.

Bewaldeter Boden hat einen geringeren Wärmeumsatz als freier. Nasser Moorboden steht nicht in der Mitte zwischen trockenem Boden und Wasser, sondern hat eine wesentlich geringere Wärmeaufnahmefähigkeit als das trockene Land. In der obersten sich stark erhitzenden Schicht des nassen Moorbodens wird ein grosser Betrag an Wärme zur Verdunstung verbraucht, während nur wenig in die Tiefe dringt.

Das Wasser nimmt im Frühjahr und Sommer unvergleichlich mehr Wärme auf als festes Land und giebt sie während der kalten Jahreszeit wieder ab.

Es ist eine allgemein verbreitete Ansicht, dass beim Verhalten des Meeres die grosse Wärmekapazität des Wassers und die Verdunstung ausschlaggebend sei. Hiergegen spricht der Vergleich zwischen Moor- und Sandboden. Die Wärmekapazität des ersteren übertrifft die des Sandbodens und kommt der des Wassers nahe und auch die Verdunstung des nassen Moorbodens ist erheblich stärker als die des Sandbodens. Und doch vermag der Moorboden nur weniger Wärme aufzunehmen als Sand, während die Wärmemenge, welche ein tiefes Land oder das Meer in der warmen Jahreszeit aufspeichert, die in das feste Land eindringende erheblich übertrifft. Charakteristisch beim Wasser ist das tiefe Eindringen der jährlichen Temperaturschwankungen, das im wesentlichen auf der Bewegung des Wassers und zum Teil auch auf der Durchlässigkeit für Wärmestrahlen beruht und das durch folgende Beispiele dargelegt werden mag.

Jährliche Temperaturschwankung C⁰

Tiefe m	Land: Königsberg 14 Jahre	Wasser: Hintersee Westpreussen 1 Jahr	Wasser: Schultz Grund Kattegat 8 Jahre
0	20,3	19,0	15,5
5	3,9	18,5	15,1
8	1,7	14,5	14,8
15	0,1	7,5	11,8
23	0,0	6,5	8,2
26			8,1

Der feste Boden speichert in der warmen Tages- und Jahreszeit wenig Wärme in der Tiefe auf, erhitzt sich stark an der Oberfläche und giebt viel Wärme an die Luft ab, das Meer speichert viel Wärme in seinen Tiefen auf, erwärmt sich wenig an der Oberfläche und giebt auch entsprechend weniger Wärme an die Luft ab: es wird also im Vergleich zum Lande im Frühjahr und Sommer auf das Ansteigen der Lufttemperatur eine zurückhaltende Wirkung ausüben. Umgekehrt vermag im Winter der feste Boden wenig Wärme aus der Tiefe zu entnehmen, seine Oberfläche und die überlagernde Luft kühlt sich stark ab. Das Wasser dagegen giebt viel Wärme her und verzögert so die Abkühlung seiner Oberfläche wie der Luft.

Einen anschaulichen Massstab für die Bedeutung des Meeres bietet der Satz, dass ein Flächenteil in der Ostsee 20 bis 30, in der Nordsee 30 bis 40 mal soviel Wärme

während des Sommers aufnimmt als eine gleichgrosse Landfläche. Der Wärmeaustausch in der Atmosphäre beträgt (in Westeuropa) etwa das $1\frac{1}{2}$fache von dem im Sandboden, $\frac{1}{15}$ von dem der Ostsee und $\frac{1}{25}$ von dem der Nordsee.

Über den jährlichen Gang des Wärmegehaltes in den verschiedenen Medien geben die folgenden Zahlen Aufschluss. Die Bodenwärme bezieht sich auf Eberswalde, die des Wassers auf die dänischen Stationen und der Wärmegehalt der Luft wieder auf Westeuropa (Paris).

Wärmegehalt cal/cm².

Abweichung der Monatsmittel vom Jahresdurchschnitt

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Boden	—560	—800	*—890*	—720	—280	220
Luft .	—1040	*—1300*	—1280	—820	—10	870
Wasser	—18200	*—20200*	—19900	—14700	—5100	8700
	Juli	**Aug.**	**Sept.**	**Oktbr.**	**Novbr.**	**Dezbr.**
Boden	630	880	**890**	620	210	—230
Luft .	1440	**1460**	1040	420	—150	—630
Wasser	21500	**25200**	23000	12000	—1000	—11400

Für den festen, nahezu homogenen Boden, für den die Gesetze der Wärmeleitung annähernd gelten, habe ich früher theoretisch und an der Hand von Beobachtungen den Satz abgeleitet, dass die Phasen der Bodenwärme gegenüber denen der Oberflächentemperatur um $\frac{1}{8}$ der Schwingungszeiten, im Jahre also um $1\frac{1}{2}$ Monate verzögert sind. Demgemäss tritt das Maximum der Bodenwärme in der ersten Hälfte September, das Minimum im März ein. Im Wasser und in der Luft, wo die Verhältnisse wesentlich andere sind und die Bewegung beim Temperaturausgleich die Hauptrolle spielt, ist die Verzögerung gegenüber der Temperatur der Erdoberfläche eine geringere. Das Maximum tritt schon im August, das Minimum im Februar ein. Folgende Zusammenstellung enthält die

Eintrittszeiten der Jahresmittel.

	Erstes Mittel	Zweites Mittel
Temperatur der Erdoberfläche (1 cm)		
Eberswalde	18. April	13. Oktober
Lufttemperatur über dem Festlande		
Eberswalde	18. „	16. „
Paris	17. „	16. „
Lufttemperatur über dem Meer		
dänische Stationen	5. Mai	21. „
Temperatur d. Wasseroberfläche (0,7 m)		
dänische Stationen	14. „	2. November
Wärmegehalt		
der Luft (Paris)	16. „	7. „
des Wassers (dän. Stat.)	27. „	13. „
des Bodens (Eberswalde)	2. Juni	30. „

Die nachstehenden, im Laufe der einzelnen Monate zu- und abgeführten Wärmemengen sind als halbe Differenzen aus den benachbarten Monatsmitteln gebildet.

Zu-(+) und abgeführte (—) Wärmemengen cal/cm².

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Boden	—280	—170	40	310	**470**	450
Luft .	—340	—120	240	640	**840**	720
Wasser	—4400	—900	2700	7400	11700	**13800**
	Juli	**Aug.**	**Sept.**	**Oktbr.**	**Novbr.**	**Dezbr.**
Boden	330	130	—130	—340	*—430*	—380
Luft .	300	—200	—520	*—600*	—520	—440
Wasser	8300	800	—6600	*—12000*	—11700	—8600

Die grösste Wärmeaufnahme findet im Mai und Juni, die grösste Abgabe im Oktober und November statt. Wir sehen, wie z. B. im Oktober das Meer 20 mal soviel Wärme abgiebt als die Atmosphäre und 35 mal soviel als der Sandboden. Ein Teil dieser bedeutenden, vom Wasser abgegebenen Wärmemengen kommt natürlich der über dem Meere und den benachbarten Ländern befindlichen Luft zu gute und verlangsamt deren Abkühlung. Dieser Zusammenhang tritt besonders deutlich hervor, wenn wir gleichzeitig den Unterschied zwischen der Temperatur der Wasseroberfläche und derjenigen der überlagernden Luftschicht in Betracht ziehen.

Überschuss der Temperatur der Meeresoberfläche (0,7 m) über die Lufttemperatur. (Dänische Stationen.)

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
0,9	0,4	0,3	—0,6	*—0,7*	—0,5
Juli	**Aug.**	**Sept.**	**Oktbr.**	**Novbr.**	**Dezbr.**
—0,2	0,1	0,6	**2,0**	1,7	1,7

Der jährliche Gang entspricht dem der ab- und zugeführten Wärmemengen und wir sehen, dass wieder im Oktober die Tendenz zur Abgabe der Meereswärme an die Atmosphäre am stärksten ist.

Im Jahresdurchschnitt ist die Meeresoberfläche einen halben Grad wärmer als die überlagernde Luft. Ein Grund hierfür liegt darin, dass erkaltete schwere Luft und erwärmtes, leichtes Wasser das Bestreben haben, in der Nähe der Oberfläche zu bleiben oder dorthin zu gelangen, während überhitzte Luft in die Höhe steigt und abgekühltes und dadurch schwerer gewordenes Wasser nach unten hin abfliesst. — Durch das Aufsteigen wärmeren Wassers wird die Abgabe der Meereswärme im Herbst beschleunigt.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 27. September 1901.)

J. Schubert (Eberswalde), Zur Ermittelung der Luftfeuchtigkeit durch Psychrometer.[1])

1. Für das vom Vortragenden früher beschriebene Schleuderpsychrometer mit Strahlungsschutz ist im November 1899 durch etwas über 100 Vergleiche mit dem Aspirationspsychrometer folgende Formel zur Berechnung der absoluten Feuchtigkeit gefunden, die für einen mittleren Barometerstand von 755 mm gilt:

$$a = s' - 0{,}54\,(t - t').$$

2. Der Vortragende zeigt ein nach seinen Angaben konstruiertes Registrierinstrument aus einem trockenen und feuchten Thermometer bestehend, das dem von Richard nachgebildet ist. Bei der Benutzung sind die beiden Registrierthermometer möglichst richtig zu stellen; dann wird nach den unkorrigierten Ablesungen die absolute und relative Feuchtigkeit mit Hilfe der gewöhnlichen Tafeln bestimmt. Durch Vergleich mit einem Normalpsychrometer werden ferner zwei- oder dreimal am Tage die nötigen Verbesserungen ermittelt und bei Anwendung linearer Ausgleichung an die vorher bestimmten Werte der Temperatur, absoluten und relativen Feuchtigkeit angebracht.

Beide Instrumente werden von R. Fuess in Steglitz bei Berlin geliefert.

1) Abteilung 6, 24. Sept. 1901.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 25. September 1901.)

Fr. Ahlborn (Hamburg), Über den Mechanismus des Widerstandes flüssiger Medien.[1])

Die Bestimmung des Widerstandes durch die Kraftmenge, die zur andauernden Unterhaltung einer Bewegung innerhalb eines Mediums aufgewendet werden muss, genügt nicht dem wissenschaftlichen Bedürfnis, da sie über die Art und das Wesen des Widerstandes selbst nichts aussagt.

Bei der Bewegung fester Körper in tropfbaren oder gasförmigen Flüssigkeiten spricht man vom Verdrängungs- und Reibungswiderstand, d. h. man stellt sich vor, dass ein Teil jener Kraft verbraucht wird, um das Medium aus der Bahn der Bewegung zu verdrängen, ein anderer Teil zur Überwindung der Reibung an den Oberflächen des bewegten Körpers.

Der Reibungswiderstand hängt natürlich von der Beschaffenheit der Oberfläche des eingetauchten Körpers ab. Er ist nicht unbeträchtlich, zum Beispiel bei Schiffen, die bei langer Tropenfahrt am Boden mit Meeresorganismen bewachsen sind. Unsere aus China heimkehrenden Kriegsschiffe hatten bei ihrer Ankunft fast eine Meile Geschwindigkeit eingebüsst.

Da der Verdrängungswiderstand im allgemeinen grösser wird, wenn die Menge des zu verdrängenden Wassers zunimmt, so hat man geglaubt, dass er im wesentlichen von der Grösse des Querschnitts des bewegten Körpers abhänge. Allein die Erfahrung zeigte, dass dabei die Form des Körpers von grosser Wichtigkeit ist. Ein zugespitzter Gegenstand bewegt sich erheblich leichter durch das Medium, wie ein stumpfer; und es kommt offenbar nicht nur darauf an, vieviel Wasser oder Luft verdrängt wird, sondern ebenso sehr auch, wie dies geschieht; je nach der Form des Werkzeuges, also des bewegten Körpers, wird eben der gleiche Zweck auf verschiedene Weise und mit ungleichem Kraftaufwand erreicht. (Das breite Segel soll ein Maximum des Widerstandes erzielen, der spitze Pfeil ein Minimum. Der Vogel mit seinem Körper ein Minimum, mit seinen Flügeln ein Maximum.)

Das Ziel einer rationellen Widerstandsforschung muss daher sein: Die Ermittelung des Mechanismus, durch den der Widerstand des Mediums überwunden wird; die Feststellung aller damit zusammenhängenden Strömungen innerhalb des Mediums und der sie bedingenden Druckverhältnisse, im besonderen der Druckverteilung an der Oberfläche des bewegten Körpers, und graphische Darstellung der Intensität des Widerstandes. Ich glaube, dieses Ziel auf experimentellem Wege wenigstens zunächst für plattenförmige Körper erreicht zu haben. Ob eine Aussicht vorhanden ist, die komplizierten Gesetzmässigkeiten des Widerstandes der mathematischen Behandlung zugänglich zu machen, werden Sie selbst am Schlusse dieses Vortrages ermessen können.

I. Wenn man einen plattenförmigen Körper in Wasser eintaucht und nach einer Richtung fortbewegt, so entsteht vor der Platte eine Erhebung des Niveaus, ein Druckmaximum, und die Flüssigkeit fliesst mit grosser Geschwindigkeit um beide Ränder nach hinten fort. Hinter der Platte ist ein Gebiet der Depression des Flüssigkeitsniveaus, des Minderdrucks, und in demselben sieht man gleich hinter den Rändern jederseits eine trichterförmige Vertiefung, um welche die Flüssigkeit daselbst in wirbelnder Bewegung begriffen ist. Der linke Wirbel dreht linksläufig, der rechte rechtsläufig.

Die Bewegungen lassen sich an den schwimmenden Fetttröpfchen des Kaffees, oder bei Benutzung von Wasser an aufgestreutem Bärlappsamen genau verfolgen. Verwendet man eichene Sägespäne als Streupulver, so sinken diese langsam in die Tiefe des Wassers und man kann erkennen, dass die beiden Ober-

1) Abteilung 2, 26. Sept. 1901.

flächenwirbel in der Tiefe bogenförmig zusammenhängen, dass sie also nur den frei liegenden Durchschnitt eines halben Wirbelringes von der Art der bekannten Rauchringe darstellen.

Zur objektiven Festlegung der Strömungen wurde die Photochronographie angewandt. Dazu diente ein umfangreicher, durch Zeichnung näher erläuterter Apparat, durch welchen an einem Wagen die in Wasser eingetauchte Platte zugleich mit der über ihr angebrachten photographischen Kammer fortbewegt wurde. Den Antrieb lieferte ein kleiner Elektromotor; die Geschwindigkeit wurde durch ein Schwungrad, sowie durch elektrische und mechanische Widerstände nach dem Metronom geregelt. Die Belichtung geschah automatisch durch elektrische Zündung von Magnesium-Salpeter-Blitzpulver.

Bei dieser Anordnung erscheint im Photogramm die Platte in Ruhe und die Flüssigkeit bewegt.

Die Bärlappsporen ordnen sich auf dem Wasser zu kleinen Flöckchen, die sich auf dem dunklen Untergrunde des geschwärzten Wasserkastens optisch wirksam abheben. Sie erzeugen auf der photographischen Platte ein System feiner Linien, durch welche die Richtung der Strömungen in der Flüssigkeit in allen Einzelheiten mit grosser Schärfe gezeichnet wird. Die Länge der Linien ist das Mass für die Geschwindigkeit der Strömungen an jedem Punkte des Widerstandsfeldes. Ferner geben die Stromlinien auch noch über die in der Flüssigkeit herrschenden Druckverhältnisse Auskunft, was für die Analyse des Widerstandes selbst von entscheidender Bedeutung ist. Parallele Strömungslinien bedeuten gleichförmige Geschwindigkeit ohne Änderung des Druckes; alle Divergenzen benachbarter Linien bedeuten eine Stauung des dazwischenliegenden Wasserfadens, Abnahme der Geschwindigkeit, Zunahme des Druckes; alle Konvergenzen: Zunahme der Geschwindigkeit, Abfluss, Abnahme der Druckspannung.

Diese Gesetzmässigkeiten bilden den Schlüssel für die Entzifferung der in den Photogrammen festgelegten Dokumente des Widerstandsmechanismus.

Das vorgeführte Projektionsbild der Widerstandsströmungen an einer normal vom Flüssigkeitsstrome getroffenen rechteckigen Platte zeigt vorn die symmetrische Teilung des Hauptstromes, die Geschwindigkeitsabnahme und Aufstauung zum Hochdruckgebiet mit ruhender Flüssigkeit im Druckmaximum vor der Tafelmitte. Seitlich verzeichnet die Entwicklung und Konvergenz der Stromlinien eine schnelle Zunahme der Geschwindigkeit und Abnahme des Druckes am Rande der Tafel.

Von grossem Interesse sind die Strömungs- und Druckverhältnisse an der Hinterseite der eingetauchten Tafel. Verfolgt man die inneren Strömungslinien des Randstromes über das Gesichtsfeld, so zeigt sich, dass sie von beiden Seiten her ein etwa eiförmiges Gebiet der Flüssigkeit umspannen, das von der Tafel saugend nachgeschleppt wird. Diese ganze Wassermasse, die Schleppe, steht daher unter Minderdruck. Indem der Randstrom an dieser Schleppe seitlich entlang streift, erzeugt er in ihr durch Friktion den grossen Wirbelring, der, wie bemerkt, schon bei direkter Beobachtung zu sehen ist. Durch seinen centralen Hohlraum mahlt nun der Wirbel kontinuierlich und mit der vom Randstrom unterhaltenen grossen Geschwindigkeit einen nach vorn gerichteten, kräftigen Wasserstrom, den Nachlauf, gegen die Rückseite der Tafel. Da, wie man sieht, die Geschwindigkeit des Nachlaufes grösser ist, als die der fortschreitenden Tafel, so drückt er im positiven Sinne, schiebend, gegen die Rückseite und hebt dadurch einen Teil des sonst dort vorhandenen Minderdruckes auf. Dabei teilt sich der Strom und indem er seitwärts umbiegend die Wirbelbewegung fortsetzt, gelangt er alsbald wieder in den Bereich der anziehenden Wirkung des Randstromes. Dieser saugt das Wasser hinter den Rändern der Tafel kräftig nach hinten fort und erzeugt dadurch beiderseits ein Gebiet tiefsten Minderdruckes, das durch relativ stagnantes Wasser ausgefüllt ist.

So wird durch die Bewegung der Tafel das System der Widerstandsströmungen im Wasser hervorgerufen, das seinerseits die eigenartige Verteilung des positiven und negativen Druckes an der Vorder- und Rückseite der Tafel bedingt.

Sehr merkwürdig ist das Bild der Strömungen an einer unter 45^0 gegen das Wasser bewegten Platte. Auch hier teilt sich die Flüssigkeit vorn zunächst in zwei nahezu symmetrische Hälften, aber die Trennungslinie wendet sich alsbald im Bogen gegen den voraufgehenden Tafelrand und trifft nahe demselben rechtwinklig auf die Tafel. Hier, und nicht in der Tafelmitte, liegt auch das Maximum des positiven Widerstandsdruckes.

An der Rückseite erscheinen zwar auch wieder die beiden Durchschnitte durch den Wirbelring, aber der hinter dem voraufgehenden Tafelrand liegende Wirbelast ist weit stärker als sein Gegenstück und bewirkt hier in Gemeinschaft mit dem Vorderrandstrom eine maximale Depression, die hinter dem anderen Tafelrande nicht ihresgleichen hat. So ist denn bei dieser Stellung der Tafel der positive und der negative Widerstandsdruck stark gegen den Vorderrand verschoben, was mit anderen Erfahrungen übereinstimmt und diese erklärt.

Die diesem Referat beigefügten Reproduktionen zweier beliebig ausgewählten Photogramme mögen eine Vorstellung geben von der

Art, wie die Strömungen im Bilde erscheinen. Im übrigen muss auf die in Vorbereitung begriffene ausführlichere Bearbeitung des Gegenstandes verwiesen werden.

II. Um die Frage zu beantworten, ob die Strömungen unter Wasser im Prinzip ebenso verlaufen, wie an der Oberfläche, oder ob die Oberflächenspannung in der Wasserhaut einen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf derselben ausübt, wurde eine zweite Serie von Momentaufnahmen der Stromlinien ausgeführt, die an untergetauchten Platten auftreten. Hierzu erhielt der Apparat folgende Abänderungen. Im Boden und an den Seitenwänden des Wasserkastens wurde ein Fenster aus Spiegelglas angebracht und das untere mit einem verstellbaren Lichtspalt versehen. Diesem genau gegenüber wurde auf das Wasserniveau eine schmale Rinne gelegt, die durch einen Spalt feine Sägespäne aus Eichenholz langsam absinken liess, so dass dieselben, wenn das Magnesiumlicht unter dem Kasten aufblitzte, intensiv beleuchtet waren. Die Kamera wurde unter dem auf Schienen laufenden Wagen angebracht und zog seitlich vor dem Fenster vorüber, während die mitfahrende Versuchstafel unter Wasser in der Schicht der schwebenden Sägespäne die Strömungen hervorrief.

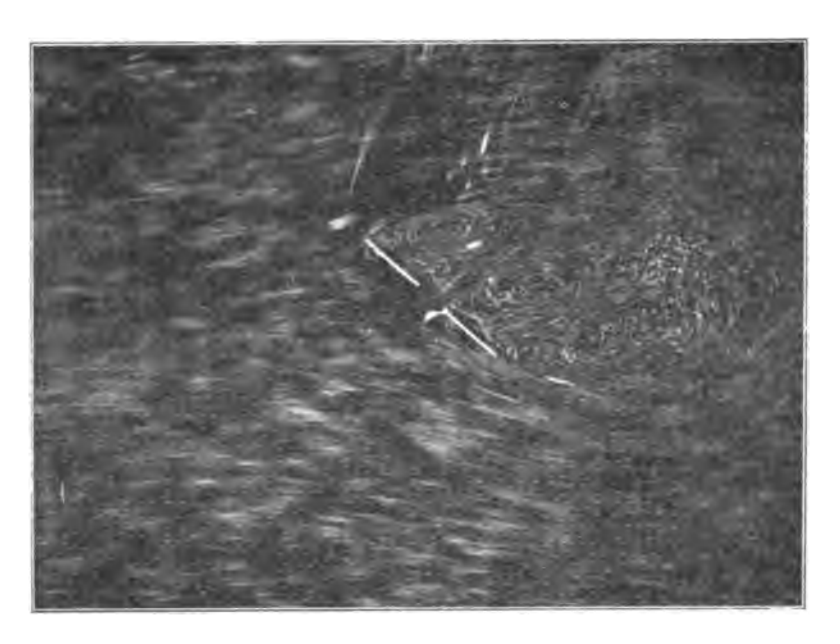


Fig. 1. Widerstandsströmungen an einem Paar schmaler Platten, die in einer Ebene schräg zur Bewegungsrichtung stehen. Der scheinbare Focken am Ende der unteren Platte ist Lichtreflex.

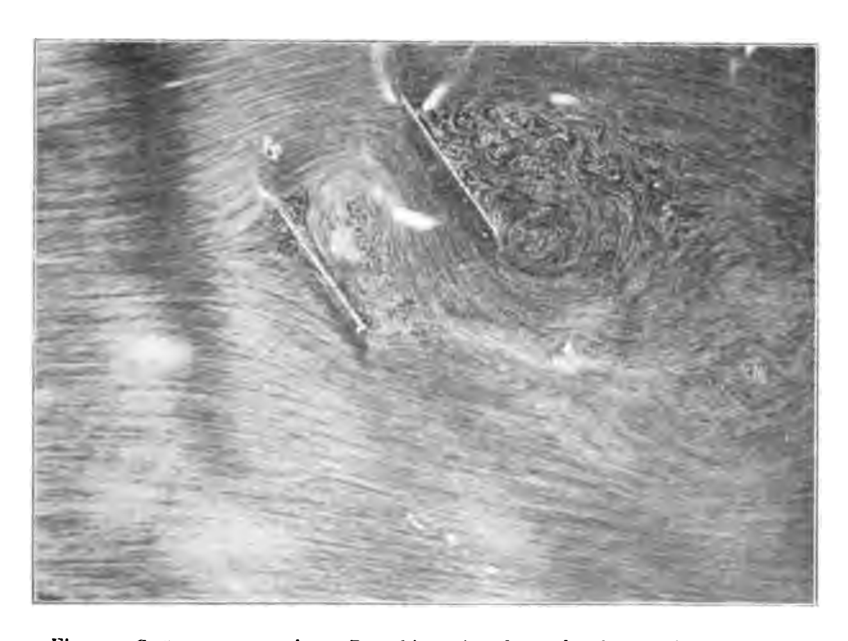


Fig. 2. Strömungen an einem Paar hintereinander stehender Flächen in steiler Drachenstellung.

Durch diese Anordnung ist es nach vielen Bemühungen geglückt, vollkommen klare und deutliche Photogramme der Strömungen unter Wasser zu erzielen. Die vorgeführten Projektionsbilder zeigen durchweg an der Vorderseite der Tafeln genau dieselben Stromverhältnisse, wie die Photogramme der ersten Versuchsreihe. Ebenso tritt der grosse Wirbel hinter den untergetauchten Platten mit grosser Deutlichkeit hervor, und die vorgeführten Projektionen der Originalaufnahmen veranschaulichen die prinzipielle Übereinstimmung der unter Wasser erzielten Strömungsphotogramme mit denen von der Wasseroberfläche an nur eingetauchter Tafeln.

Es ist daher sehr wohl statthaft, den Verlauf der Widerstandsströme innerhalb des Mediums durch die an der Oberfläche gewonnenen, schärferen Photogramme festzustellen und die weit schwieriger herzustellenden Unterwasserbilder nur soweit es nötig erscheint zur Kontrolle zu benutzen.

Für den letzteren Zweck waren von ganz besonderem Interesse einige kleine Photogramme von Stromlinien, die Herr Dr. Ludwig Mach im XV. Jahrg. der Z. f. Luftschifffahrt, S. 129, veröffentlicht hat, gelegentlich einer Mitteilung

methodischer Art über die Sichtbarmachung der Luftstromlinien durch Schlierenbildung.

Obgleich auf diesen Bildchen, deren Originale mir leider nicht zur Verfügung standen, gerade die wichtigen Erscheinungen der Wirbel an der Rückseite der Körper nicht klar genug zu sehen sind, so zeigen sie doch ganz zweifellos an der Vorderseite die komplette Homologie der Strömungen im Wasser und in der Luft und gestatten somit die Übertragung der durch unsere hydrodynamischen Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse auf äerodynamische Verhältnisse.

III. Stauungsversuche. Durch eine dritte Reihe von Versuchen ist es gelungen, die aus den Strömungserscheinungen gewonnenen Ergebnisse vollauf zu bestätigen und zu erweitern. Die schon erwähnte Aufstauung der Flüssigkeit an der Vorderseite einer eingetauchten und im Wasser fortbewegten Platte sowie die Depression an der Rückseite sind der Ausdruck des vorn herrschenden Überdrucks, mit dem die Flüssigkeit der Bewegung entgegenwirkt, und des in gleichem Sinne saugend wirkenden Minderdruckes an der Rückseite. Diese positiven und negativen Stauungen sind stationär, solange die Bewegung mit gleichförmiger Geschwindigkeit anhält; .sie vergrössern sich bei zunehmender Geschwindigkeit und nehmen ab bei verringerter Bewegung. Färbt man die Flüssigkeit und taucht die aus steifem Karton hergestellte Platte durch eine mechanische Vorrichtung während der Bewegung ein und wieder aus, so zeichnet der Farbstoff die positive und negative Staulinie mit grosser Schärfe auf dem Karton ab, und man hat ein dauerndes Bild des im Niveau herrschenden Widerstandsdruckes, das sich bequem mit den Strömungsphotogrammen vergleichen lässt.

Bei rechtwinklig getroffener Platte beschreibt die Aufstauung an der Vorderseite eine plateauartige Erhebung über dem allgemeinen ,Nullniveau, die sich kaum merklich gegen den Rand der Platte senkt und hier steil abfällt, ohne jedoch auf Null zu sinken. (Fig. 3.) Es herrscht somit an der Vorderseite ein nahezu gleichartiger Druck, der in der Mitte ein flaches Maximum hat und am Rande merklich geringer wird, entsprechend den hier auftretenden stark konvergenten Strömungslinien.

Es ist bemerkenswert, dass durch die analytischen Untersuchungen von Recknagel und Marey mit dem Differentialmanometer ein solcher Randverlust des Widerstands der Luft konstatiert ist, wodurch wieder die Homologie der hydro- und ärodynamischen Widerstandserscheinungen bestätigt wird.

An der Rückseite der Platte hat die negative Staulinie oder Depressionslinie die Form einer Art Lemniskate. Wo die Nachlaufströmung durch das Innere des Wirbelringes in der Mitte auf die Platte trifft, ist der Wasserstand relativ am höchsten; von hier senkt sich die Kurve, erreicht nicht weit vom Rande jederseits ihren tiefsten Stand und steigt dann schnell zum Rande empor, ohne das Nullniveau zu erreichen. Fig. 3 und 4.

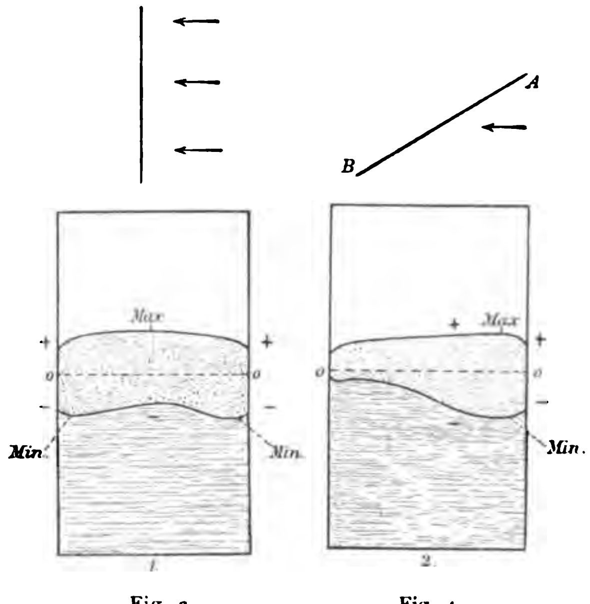


Fig. 3. Fig. 4.

Steht die Platte schräg zur Bewegungsrichtung, so ergeben sich Staulinien von der Form der Form der Fig. 4, welche die Verschiebung des Widerstandes gegen den voraufgehenden Tafelrand dokumentieren.

Diese Formen der Staulinien stimmen genau überein mit der Verteilung des Widerstandsdruckes, die aus der Anordnung der Stromlinien gefolgert werden konnte. Nun erkennen wir die Übereinstimmung als natürlich und selbstverständlich, denn beide, die Strömungsbilder und die Staukurven, sind nur verschiedene Ansichten eines und desselben Gegenstandes. Die Photogramme zeigten uns den Widerstandsmechanismus gleichsam en face, die Staukurven im Profil. Beide ergänzen sich gegenseitig. Die Strömungsbilder machen uns erst die Staukurven verständlich, und diese wieder liefern uns die Masse für die Druckkräfte, deren Existenz aus jenen zu ersehen war.

Da nämlich die Stauung und Depression an der freien Flüssigkeitsoberfläche durch die Wechselwirkung der Druckkräfte des Widerstandes einerseits und der Schwerkraft andererseits zu stande kommt, so können die positiven und negativen Drucke durch die in der Schwerkraftrichtung liegenden Ordinaten der beiden Staulinien zum Nullniveau als Abszissenachse gemessen werden. Das Flächenstück zwi-

schen den beiden Staulinien (man denke die vordere auf die Rückseite der Platte durchgezeichnet) ist dann das graphische Integral der Intensität des gesamten Widerstandsdruckes über der Nulllinie.

Unter Berücksichtigung der Symmetrie- und Strömungsverhältnisse lässt sich hiernach der Druck über der ganzen Fläche durch einen Körper graphisch darstellen, welcher der Vorder- und Rückseite aufgesetzt wird und dessen Profil gleich der positiven resp. negativen Staufläche ist. Das Volum der so erhaltenen kissenförmigen Vorderhälfte dieses Körpers in Centimeter stellt dann den positiven Gesamtwiderstand in Grammen dar und das der hinteren Hälfte den negativen, saugenden Gesamtwiderstand; während die zugehörigen Ordinaten über jedem Punkte der Tafel die Masse für die positiven und negativen Einzeldrucke oder Druckintensitäten sind.

Um einige dementsprechende Formen vorführen zu können, habe ich die vorliegenden Widerstandsreliefs einer kreisförmigen und einer quadratischen Tafel modelliert, die normal vom Strome getroffen werden; sowie einer rechteckigen, die dem Strome unter einem Winkel von 45^0 ausgesetzt ist.

Sie geben uns eine Vorstellung von der Art, Grösse und Anordnung des Widerstandes, die an Übersichtlichkeit und Vollständigkeit kaum etwas zu wünschen übrig lässt.

Man hat sich nur vorzustellen, dass in der Natur die Druckkräfte, die den Widerstand ausmachen, keine starren Grössen sind, sondern dass sie, der Beweglichkeit des Mediums entsprechend, wie die Strömungen selbst, innerhalb nicht gerade enger Grenzen schwanken, und dass die Widerstandskörper, wenn sie die Druckkräfte naturgetreu darstellen sollten, wie ein lebendiger Organismus zucken und pulsieren müssten.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

König (Greifswald): Ich möchte fragen, ob und wieweit die Druckverteilung an der Vorderfläche mit der von der Theorie Rayleighs gegebenen übereinstimmt.

Ahlborn: Genaue Bestimmungen sind ja nicht bekannt; es sind immer Mittelbestimmungen, wo also der Druck an der hinteren Fläche mit drin liegt.

König: Ich meine, in der Formel Rayleighs wäre auch die Lage des vorderen Punktes angegeben, oder sie ist doch daraus zu berechnen.

Ahlborn: Rayleighs Formel ist empirisch und giebt nur die Lage des Angriffspunktes der Resultante des Gesamtwiderstandes an; eine Trennung des positiven und negativen Drucks der Vorder- resp. Rückseite ist danach nicht möglich.

Grimsehl (Hamburg): Die Photogramme bei der schräg gestellten Fläche geben eine sehr schöne Illustration zu der Thatsache, die Rayleigh beobachtet hat, dass eine schräg gestellte Platte im oszillierenden Luftstrome das Bestreben hat, sich senkrecht zur Stromrichtung zu stellen.

(Eingegangen 27. September 1901.)

R. Abegg (Breslau), Eine neue Methode zur direkten Bestimmung von Ionenbeweglichkeiten in wässerigen Lösungen. (Zugleich Bericht über die Publikationen von Steele, Trans. Chem. Soc. 79, 414 und Abegg, Ztschr. f. Elektrochem. 7, 618.)[1])

Bei der Elektrolyse zweier verschiedener aneinandergrenzender Lösungen stellt sich unter bestimmten Bedingungen eine stabile Unstetigkeitsgrenze her, deren Existenz theoretisch von Kohlrausch (Wied. Ann. 62, 1897) und von H. Weber (Sitzungsber. Ak. Berlin. 1897, S. 936) abgeleitet, experimentell von Masson (Phil. Trans. 1899) verwirklicht und zur Ermittelung von Ionenbeweglichkeiten benutzt wurde. Zwei gleichionige Elektrolyte $A^{\bullet}B'$ und $C^{\bullet}B'$, die aneinanderstossen, repräsentieren eine solche bei der Elektrolyse unter gewissen Bedingungen stabile Grenze. Die Stabilität hängt offenbar nur von der Natur der verschiedenen Ionen ab.

An der Grenze stellt sich eine Unstetigkeit des Potentialgefälles her, derart, dass, trotz der verschiedenen Beweglichkeiten beider Ionen ihre Geschwindigkeiten gleich werden. Aus der Fortbewegung einer Grenze kann man also nicht die Beweglichkeit einer der Ionenarten ermitteln, da die Geschwindigkeit abhängt von Beweglichkeit, Potentialfall und Dissoziationsgrad. Durch Einschliessen eines Elektrolyten in zwei stabile Grenzen erhält man in dem Geschwindigkeitsverhältnis auch das Beweglichkeitsverhältnis, da für die beiden vorderen Ionen, also die beiden des Mittelelektrolyten, Potentialfall und Dissoziationsgrad identisch ist. Masson hat diese Methode für gelatinierte Elektrolyte ausgearbeitet, deren Grenzen durch den Kontrast mit den nachfolgenden farbigen Indikatorionen kenntlich waren. Da die Indikatorionen jedoch ausser der Bedingung der Farbigkeit noch die weitere erfüllen müssen, langsamer zu sein wie die des Mittelelektrolyten, und vor

1) Abteilung 4, 26. Sept. 1901.

allem keine Fällung mit diesem zu ergeben, so ist die Auswahl der untersuchbaren Mittelelektrolyten äusserst beschränkt. Umgekehrt verfährt die von Steele ausgearbeitete Methode, die den Mittelelektrolyten in gewöhnlicher Lösung benutzt, dagegen die Indikator-Elektrolyten gelatiniert, so dass die Wanderung der Ionen in der Mittelzone in wässeriger Lösung, nicht in Gelatine, erfolgt. Als Indikatoren eignen sich für sehr viele Zwecke vorzüglich Lithium-Salze und Acetate. Die Bestimmungen nach dieser Methode sind schon deshalb genauer, als die analytischen, weil man nicht $\frac{u}{u+v}$, sondern $\frac{u}{v}$ bestimmt. Vor allem aber erfordert die Bestimmung nur einen sehr geringen Zeitaufwand, da lediglich Kathetometer-Ablesungen erforderlich sind. Der Konzentrationsbereich, innerhalb dessen die Elektrolyte untersucht werden können, erstreckt sich von etwa $2n - 0{,}1n$; die obere Grenze wird bestimmt durch die Gelatinierbarkeit der Lösung, die untere Grenze durch die Sichtbarkeit der Trennungsschichten, die natürlich um so geringer wird, je näher die aneinanderstossenden Lösungen dem reinen Wasser kommen. Man ist jedoch im stande, auf anderem als optischem Wege die Lage der Grenzschichten zu erkennen, z. B. durch Messung der Leitfähigkeit des Rohrinhaltes. Derartige Bestimmungen sind ebenfalls bereits von Herrn Steele mit Erfolg ausgeführt, und somit ist das Gebiet beliebig verdünnter Lösungen zugänglich geworden. Was die Übereinstimmung der Resultate mit den nach der alten Methode gewonnenen anbetrifft, so ist sie vollkommen zu nennen für diejenigen Salze, die wie die Alkalihaloide in einfachster Weise zusammengesetzt sind. Dagegen bestehen gewisse, wenn auch kleine Abweichungen für die höherwertigen Salze, bei denen man bereits aus anderweitigen Gründen die Existenz selbstkomplexer Ionen ausser den einfachen angenommen hat. Dieselben bedingen die Möglichkeit oder vielleicht Notwendigkeit, dass die Konzentration des Mittelelektrolyten in unmittelbarer Nachbarschaft der beiden Grenzschichten von den mittleren Konzentrationen abweicht. Alsdann stehen offenbar die beiden Grenzen auf der Innenseite nicht mehr unter dem gleichen Potentialgefälle, und somit ergiebt ihr Geschwindigkeitsverhältnis nicht mehr auch das Beweglichkeitsverhältnis der Ionen. Die physikalische Untersuchung der Methode ergab ferner, dass für die Stabilität der Grenzen verschiedener Elektrolytpaare individuelle Bedingungen bestehen. Bei der Anwendung eines zu geringen Potentialgefälles verwäscht die Diffusion die Grenze, während bei zu hohem Potentialfall die Wärmeentwickelung Strömungen und damit ebenfalls eine Störung der Grenzflächen bewirkt. Die Stabilitätsverhältnisse der Grenzen ergeben weitere interessante Probleme, die auf die Nernstsche Theorie der Flüssigkeitsketten zurückzuführen scheinen. Auch in dieser Hinsicht sind bereits Resultate vorhanden, die demnächst in einer ausführlichen Abhandlung der Transactions of the Royal Society von Herrn Steele veröffentlicht werden. Eine Reihe von Messungsergebnissen enthalten die oben citierten Abhandlungen.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 1. November 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Handbuch für den Gebrauch der photographischen Erzeugnisse der Aktien-Ges. für Anilin-Fabrikation. Berlin SO. (30 Pf.)

Die Anilin-Aktien-Gesellschaft fertigt die meisten Entwickler; Andresens Verdienste brauchen nicht mehr besonders hervorgehoben zu werden. Die vorliegende Zusammenfassung der Erzeugnisse umfasst ausser Entwicklungs- und Fixierstoffen Trockenplatten und Farbstoffe für photographische Zwecke. Die Rollfilms sind in kräftige Konkurrenz gegen das unzuverlässigere fremde Fabrikat getreten. — Keine Theorie, für praktische Zwecke sehr brauchbares Heftchen. Englisch.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Unter Mitwirkung von H. Beckurts, C. A. Bischoff, E. F. Dürre, J. M. Eder, P. Friedländer, C. Haeussermann, F. W. Küster, J. Lewkowitsch, M. Märcker, W. Muthmann, F. Röhrmann herausgegeben von Richard Meyer. 10. Jahrgang 1900. gr. 8°. XII u. 566 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1901. M. 14.—

Mit diesem Jahrgange tritt das bekannte Jahrbuch der Chemie zum zehnten Male vor seine Leser. Seit seinem Bestehen ist an dem Arbeitsplane unverändert festgehalten, eine zur Lektüre geeignete Übersicht über die wichtig-

sten Errungenschaften der Chemie zu geben. Auch der Umfang der einzelnen Jahrgänge ist trotz des auf allen Gebieten anwachsenden Stoffs in denselben Grenzen gehalten worden.

Den Physiker wird besonders das von F. W. Küster geschriebene Kapitel „Physikalische Chemie" und der von J. M. Eder und E. Valenta verfasste Abschnitt „Photographie" interessieren. Auf 51 Seiten giebt F. W. Küster eine gute, lesenswerte Übersicht über die im Jahre 1900 erschienenen Abhandlungen aus dem Gebiete der physikalischen Chemie. Mit den kritischen Bemerkungen, mit denen der Verf. die Besprechung der Abhandlungen begleitet, wird man sich durchweg einverstanden erklären können. Aufgefallen ist dem Referenten, dass die Arbeiten über die Elektronen nicht berücksichtigt worden sind; es ist dies doch ein Gebiet, welches den Chemiker ebensosehr interessiert wie den Physiker, und sicher, wie auch Nernst in seiner auf der Hamburger Naturforscherversammlung gehaltenen Rede gezeigt hat, von der grössten Bedeutung für die theoretisch-chemischen Fragen sein wird.

Die Chemiker können sich beglückwünschen, dass sie ein Jahrbuch, wie das Meyersche, haben, in dem sie am Ende jedes Jahres einen zusammenhängenden Überblick über ihr ganzes Gebiet bekommen. Schade, dass für uns Physiker nicht ein ähnliches Unternehmen existiert! Könnten nicht vielleicht die „Fortschritte der Physik", welche neben den schneller erscheinenden Beiblättern doch stets nur die zweite Stelle einnehmen, nicht so umgestaltet werden, dass man am Ende des Jahres einen vollständigen zusammenhängenden Überblick über die Leistungen des Jahres bekäme? Dem Physiker würde damit ein ausserordentlicher Dienst geleistet, und es würde sicherlich auch der Leserkreis der Fortschritte ein viel grösserer werden, als dies bis jetzt der Fall ist.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 25. November 1901.)

Albert Hofmann, Aufnahmeapparate für Farbenphotographie. Callwey, München 1901. 4⁰. 30 S. geh.

Der Verf. steht selbst als Erfinder in vorderer Reihe der Farbenphotographen; er giebt eine ausführliche, reich illustrierte Zusammenstellung der typischen Aufnahmeapparate. Englisch.

Voigtländer & Sohn, A.-G., Braunschweig, Objektive und Hilfsapparate für Photographie. 1901.

Dass die Kataloge unserer ersten Firmen kleine Prachtwerke bilden, ist ein erfreuliches Zeichen der Blüte unserer optischen Industrie; der Voigtländersche Katalog präsentirt sich ganz modern. Neben dem alten Porträtobjektiv wird ein neueres vom Öffnungsverhältnis 1:2,3 hergestellt und für astrophotographische Zwecke empfohlen. In diesem Katalog erscheint neu das Apochromat-Kollinear nach Hartings Berechnung; das Cooke-Miethesche Porträt-Anastigmat 1:4,5 wird in kleinen Nummern ausgeführt; für Mikrophotographie sollen kurzbrennweitige Kämpfer-Kollineare dienen. Englisch.

M. Berthelet, Les Carbures d'Hydrogène 1851—1901. Recherches expérimentales. Tome I: L'Acétylène: Synthèse totale des carbures d'Hydrogène. X u. 414 S. — Tome II: Les Carbures pyrogènes. — Séries diverses. IV u. 558 S. — Tome III: Combinaison des Carbures d'Hydrogène avec l'Hydrogène, l'Oxygène, les éléments de l'eau. IV u. 559 S. gr. 8. Paris, Gauthier-Villars. 1901. 45 frcs.

Die vorliegenden drei Bände stellen einen Teil der Forschungen des bedeutendsten der französischen Chemiker dar, nämlich die Abhandlungen, welche der Verfasser in den Jahren 1851—1901 über die in der Überschrift erwähnten Gegenstände teils in den Compt. rend., teils in den Ann. de chim. et phys. veröffentlicht hat. Sie behandeln hauptsächlich die Synthesen der Kohlenwasserstoffe: Aethylen, Acetylen, Benzol, Propylen, Trimethylen u. s. w. und deren Derivate und Verbindungen mit Stickstoff, Schwefel, Sauerstoff oder Wasserstoff und Sauerstoff, Oxydation der Kohlenwasserstoffe in Alkohole, Aldehyde und Säuren, Reduktion der Säuren mittels der vom Verfasser gefundenen reduzierenden Wirkung des Jodwasserstoffes. Von welcher Bedeutung diese Abhandlungen für die Chemie gewesen sind, geht schon daraus hervor, dass Berthelot die erste organische Verbindung, nämlich das Acetylen synthetisch aus den Elementen hergestellt hat. Nach vielen vergeblichen Versuchen bestand seine Methode darin, den Flammenbogen zwischen Kohlespitzen in Wasserstoff übergehen zu lassen, und die sich bildenden Produkte wegzuleiten und zu isolieren. Die einzelnen Abhandlungen enthalten eine Fülle von neuen Methoden, die zum Teil Gemeingut jedes Laboratoriums geworden sind.

Auch der Physiker wird in den Bänden eine Menge ihn interessierenden Materials finden; denn Berthelot begnügt sich fast niemals mit einer Analyse, stets stellt er eine Reihe von physikalischen Konstanten seiner Verbindungen fest, z. B. die thermochemischen Daten; er untersucht den Einfluss der Wärme auf die von ihm hergestellten Verbindungen und Gemenge, um

so Gleichgewichtsverhältnisse zwischen den einzelnen Verbindungen festzustellen, er erforscht die explosiven Eigenschaften u. s. w. Jeder Physiker, der mit diesen Kohlenwasserstoffen und deren Derivaten zu experimentieren hat, wird getrost zu den Abhandlungen Berthelots greifen können, er wird dort die besten Reinigungsmethoden finden. G. C. Schmidt.

(Eingegangen 14. Oktober 1901.)

G. Platner, Die Mechanik der Atome. gr. 8⁰. IV u. 97 S. Berlin, M. Krayn. 1901. M. 2.50.

Im ersten Kapitel dieses Buches schildert der Verf. hauptsächlich die Gesetze und Grundprinzipien der Mechanik, im zweiten unsere Anschauungen über die verschiedenen Aggregatzustände. Das dritte und vierte Kapitel enthalten des Verf. Ansichten über Lösungen und chemische Prozesse, über das Wesen, die Fortpflanzung, die Entstehung und Wirkungen der elektrischen Kraft.

Da der Verf. mit den herrschenden Anschauungen fast überall in Widerspruch steht, ohne auf Grund seiner Ansichten zu neuen Ergebnissen zu gelangen, ausser dass die komplizierten Moleküle „adiabatisch cyklische Systeme" sind, so kann von einer längeren Besprechung abgesehen werden. Nur ein paar Punkte mögen zur Kennzeichnung des Buches mitgeteilt werden. Nach Ansicht des Verf. zerfallen alle Elektrolyte in wässeriger Lösung in Säure und Basis; bei der Elektrolyse der Alkalisalze wird Wasserstoff primär abgeschieden u. s. w.

G. C. Schmidt.

L. Donati, Introduzione elementare alla Elettrotecnica (Elementare Einleitung in die Elektrotechnik). 8. 544 S. Bologna, Nicola Zanichelli. 1902. Lire 10.—

Das vorliegende Buch bildet die Wiedergabe von Vorlesungen, die der Verf. vor Artillerietechnikern gehalten hat. Diesem Ursprung entspricht die elementare Behandlungsweise des Stoffes, die Beschränkung des mathematischen Apparates auf das notwendige Minimum, der Verzicht auf die unbedingt strenge Ableitung der Formeln zu Gunsten ihrer Erläuterung mit Hilfe mechanischer, dem Hörerkreise besser zugänglicher Bilder. Die Eigenart des Verf. tritt in der Behandlung der Vektorgrössen hervor. Inhalt und Gliederung des Stoffes sind die üblichen; die Absicht des Verf., elementare Darstellung mit Klarheit und Gründlichkeit zu verbinden, ist durchaus erreicht. B. Dessau.

Jahrbuch der Elektrochemie. Berichte über die Fortschritte des Jahres 1900. Herausgegeben von W. Nernst und W. Borchers. 7. Jahrgang. gr. 8. VIII u. 596 S. mit Abbildungen. Halle a. S., Wilhelm Knapp. 1901. M. 24.—

Das zum siebenten Mal erscheinende Jahrbuch zeigt den dreifachen Umfang des ersten Bandes der Reihe und liefert so schon äusserlich den Beweis für das dem Gebiete sich immer mehr zuwendende Interesse. Den wesentlichsten Zuwachs hat der wissenschaftliche Teil erfahren, der, wie schon seit einer Reihe von Jahren, in mustergültiger Weise von Danneel (Aachen) besorgt wird. Über die Fortschritte der Elektroanalyse giebt Küster Clausthal) einen Bericht, über anorganisch-elektrochemische Produkte und Apparate für die elektro-chemische Technik, Borchers (Aachen) über die Erzeugung elektrischer Energie, über organische Produkte referiert Elbs (Giessen). Hervorzuheben wäre noch, dass der Borcherssche Bericht ein eingehendes Bild der elektrochemischen Technik giebt, wie es sich auf der Pariser Ausstellung darbot. A. Coehn.

J. Kleiber, Lehrbuch der Physik für humanistische Gymnasien. gr. 8⁰. VIII u. 270 Seiten mit 323 Figuren. München, R. Oldenbourg. 1901. Preis geb. 3 M.

Die nicht unerhebliche Stofffülle sucht der Verfasser in einer möglichst anschaulichen Weise den bayrischen Gymnasiasten mundgerecht zu machen. Die sonst gewandte Darstellung entbehrt einer bestimmten Methode und verfährt mehr oder weniger dogmatisch. Doch zeugen die zahlreichen und meist geschickt gewählten experimentellen Hinweise von pädagogischer Erfahrung. Bedenklich erscheint ein beständiges Heranziehen von „Vergleichen" und „Analogien", die oftmals obenein unglücklich ausfallen. Wie kann z. B. der Verfasser die Joulesche Wärme im Stromleiter durch die Analogie mit einer Blitztafel erklären wollen und die Molekeln des Stromleiters geradezu mit den Stanniolstückchen derselben parallelisieren, zwischen welchen unzählige Fünkchen überspräng en? — Auch verlockt das Bestreben, allzu anschaulich zu werden, nicht selten zu gewagten Behauptungen. So wird Seite 199 das Entstehen der elektrischen Ladungen im galvanischen Elemente durch Reibung der Säure am Zink erklärt (!). Die zahlreichen Figuren sind schematisiert, aber mit einigen Ausnahmen klar und verständlich. Für einen verhängnisvollen Missgriff ist der Verfasser, der nach dem ministeriellen Lehrplan des bayrischen Staates sein Lehrbuch ausgearbeitet hat, offenbar nicht

verantwortlich. Es wird nämlich die Bewegungslehre (Dynamik) aus dem Rahmen der Mechanik ganz herausgerissen und erst am Ende des gesamten physikalischen Lehrgebäudes gebracht. Wie soll der Schüler ohne diese die vorangehenden Disziplinen, Wärme, Wellenlehre, Elektrizität u. s. w. verstehen? Dadurch muss eine erfolgreiche Behandlung des physikalischen Unterrichts zur Unmöglichkeit werden.

Behrendsen.

C. M. van Deventer, Physikalische Chemie für Anfänger. Zweite Auflage besorgt von E. Cohen. 8⁰. 168 Seiten. Amsterdam, van Looy, und Leipzig, W. Engelmann. 1901. geb. 4 M.

Das Werkchen will die bedeutendsten Resultate der physikalischen Chemie zusammenfassen und ist namentlich für Mediziner und angehende Chemiker bestimmt. Aus diesem Grunde augenscheinlich enthält der Verfasser sich jeder mathematischen Ableitung oder auch nur Formulierung der bezüglichen Gesetze. Freilich wäre es richtiger, die jungen Mediziner mehr an die mathematischen Hilfsmittel zu gewöhnen. Der Umstand, dass kein Geringerer als van't Hoff dem Buche eine empfehlende Vorrede vorauschickt, lässt vermuten, dass dasselbe seiner Aufgabe entspricht. In der That versteht der Verfasser es trotz der sehr elementaren Darstellung seines Stoffes, sich auf eine wissenschaftliche Basis zu stellen und von den so mannigfachen Erscheinungen der physikalischen Chemie mit kritischer Gewissenhaftigkeit ein klares Bild zu entwerfen. Mehr Gewicht hätte freilich auf experimentelle Begründung gelegt werden können. Recht wertvoll ist die Angabe zahlreicher Tabellen von physikalisch-chemischen Konstanten. Auf die Thermochemie hat der Verfasser besonderen Nachdruck gelegt, während die Elektrochemie doch allzu kurz (nur auf 8 Seiten) behandelt wird.

Behrendsen.

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Ferraris, Galiero, Wissenschaftliche Grundlagen der Elektrotechnik. Nach den Vorlesungen über Elektrotechnik. Gehalten in dem R. Museo industriale in Turin. Deutsch herausgegeben von Leo Finzi. Mit 161 Figuren im Text. gr. 8. XII u. 358 S. 1901. Leipzig, B. G. Teubner. Gebunden M. 12.—.

Stentzel, Arthur, Die Entstehung der Materie und der Materie und der Nebularsysteme. Ein Entwurf. 2. Aufl.

Thompson, Silvanus P., Mehrphasige elektrische Ströme und Wechselstrommotoren. Zweite Auflage. Übersetzt von K. Strecker und F. Vesper. Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen und 15 Tafeln. Heft 1. gr. 8. 48 S. 1902. Halle a. S., Wilhelm Knapp. Das Werk erscheint in ca. 10 Heften à 2 M.

van't Hoff, J. H., Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie. Erstes Heft. Die chemische Dynamik. Mit in den Text eingedruckten Abbildungen. Zweite Aufl. gr. 8. XI u. 251 S. 1901. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 6.—.

Wotruba, R., Lehrbücher der Elektrotechnik. Einführung in die Hauptgebiete der Elektrotechnik zum Gebrauch an technischen Lehranstalten, für Techniker und Industrielle und zum Selbststudium. Band I. Der elektrische Strom, seine Gesetze und Wirkungen in der Strombahn. Nebst Anleitung zur Durchführung von Praktikumsarbeiten. 2. Ausg. Mit 109 Abbildungen. V u. 162 S. Band II. Das magnetische Feld einer Strombahn, Stromerzeugung durch Induktion. Nebst Anleitung zur Durchführung von Praktikumsarbeiten. Mit 146 Abbildungen. V u. 195 S. 1901. Jena, Hermann Costenoble. à M. 5.—.

Tagesereignisse.

Das Patentamt in Washington sprach die Priorität der Erfindung der Herstellung flüssiger Luft dem Professor Linde (München) gegen Tripler (New-York) zu. Linde suchte im Jahre 1895 um ein Patent nach und veröffentlichte eine vollständige Beschreibung seiner Erfindung. Tripler suchte erst im Jahre 1897 um Patent nach, behauptete aber, dass er seine Erfindung schon im Jahre 1891 gemacht habe, und erhielt ein Patent, worauf eine Gesellschaft mit einem Kapital von 10 Millionen gegründet wurde.

Eine neue Universität wird im Laufe des nächsten Jahres wieder in Amerika eröffnet werden, und zwar in Decatur (Staat Illinois). Die neue Hochschule ist schon jetzt mit einem Vermögen von über 4 Mill. Mk. ausgestattet, wovon der grösste Teil von einem reichen Bürger Namens Milliken hergegeben worden ist, nach dem die Universität dann auch Milliken-Universität heissen wird.

Andrew Carnegie hat sich unter gewissen Bedingungen erboten, für den Bau und die Ausstattung einer Technischen Hochschule für den Süden Schottlands 2 Mill. Mk. zu geben. Diese soll in einer Grenzstadt, vielleicht Galashiels, errichtet werden. Jetzt hat Schottland nur eine Anstalt dieser Art, die Technische Hochschule in Glasgow.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Professor Mie von der Technischen Hochschule in Karlsruhe ist als ausserordentlicher Professor der Physik an die Universität Greifswald, der Dozent F. H. Seares von der Universität Kalifornien zum Professor der Astronomie an die Universität von Missouri berufen worden.

Der Privatdozent an der philosophischen Fakultät der Universität Bern und Mathematiker des eidgenössischen Industriedepartements Dr. Christian Moser ist zum ausserordentlichen Professor für mathematische und technische Versicherungswissenschaft, der Privatdozent der Meteorologie an der Universität Wien Dr. Trabert zum ausserordentlichen Professor, der ausserordentliche Professor der darstellenden Geometrie an der Hochschule für Bodenkultur in Wien Tapla zum ordentlichen Professor, ernannt worden.

In den Lehrkörper der Universität Jena tritt Ingenieur Rau von den Elektrizitätswerken Schuckert & Co. in Nürnberg als ausserordentl. Professor für angewandte Mathematik.

Der Tit.-Professor der Trigonometrie, Planzeichnen, Geodäsie an der Technischen Hochschule Stuttgart Haller wird Mitglied des Landesvermessungswesen und technischer Vorsteher des Katasterbureaus mit dem Titel und Rang eines Finanzassessors.

Den 70. Geburtstag feierten der ordentliche Professor für anorganische und physikalische Chemie an der Universität Berlin Geh. Regierungsrat Professor Dr. H. Landolt, und der Sekretär der Holländschen Maatschappy der Wetenschappen und Mitglied des Kuratoriums der Rijks-Universität Leiden, Professor Dr. Jan Bosscha.

In Ergänzung und Berichtigung der auf Seite 104 gebrachten Nachricht aus Breslau ist zu melden, dass Professor E. Neumann den erkrankten Professor O. E. Meyer in Vorlesungen und Übungen vertritt.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 7. 1. Januar 1902. 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 8 am 7. Januar 1902.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Eine Beobachtung einer empfindlichen Entladungsform in Gasen.

Von W. Biegon von Czudnochowski.

Gelegentlich anderer Versuche habe ich beim Auspumpen einer Vakuumröhre mit zwei, symmetrisch zur Anode gelegenen, aber verschiedenen Kathoden eine eigentümliche bei einem bestimmten Verdünnungsgrade sich zeigende Empfindlichkeit der Entladung gegen äussere Einflüsse beobachtet.

Die betreffende Vakuumröhre bestand aus zwei Kugeln von je 60 mm Durchmesser, welche durch ein 120 mm langes Rohr von 10 mm Aussendurchmesser miteinander in Verbindung stehen und ineinander parallelen Ansätzen die beiden Kathoden enthalten, von welchen die eine eben, die andere konkav, aber von gleichem Durchmesser wie erstere ist. Die Anode befindet sich in einem 40 mm langen, in der Mitte des Verbindungsrohres zwischen den beiden Kugeln und senkrecht zu diesem angeschmolzenen Ansatz; die Richtung der Kathodenstrahlung ist ebenfalls senkrecht zur Mittellinie dieses Verbindungsrohres.

Lässt man nun während des Pumpens die Entladung in der Weise hindurchgehen, dass die beiden Kathoden als solche parallel geschaltet sind und das Verbindungsrohr mit positivem Lichte erfüllt erscheint, so verzweigt sich die Entladung zunächst gleichmässig, und beide Seiten des Rohres erscheinen gleichhell; bei einem bestimmten Verdünnungsgrade wird aber die eine Rohrhälfte vollkommen dunkel, die Entladung geht allein durch die ebene Kathode. Berührt man bei diesem Zustande in der Nähe der Hohlkathode das Glas, so hat dies ein augenblickliches Überspringen der gesamten Entladung in den vorher dunklen Schenkel zur Folge, bei Aufheben der Berührung erfolgt sofortiges Zurückspringen. Pumpt man etwas weiter, so genügt es, wenn man der Röhre sich nur nähert oder von ihr sich auf $\sim$ 1,5 m entfernt, um das gleiche Hin- und Herspringen der Entladung aus dem einen in den anderen Zweig zu veranlassen. Bei weiterer Druckverminderung erscheint auch in dem vorher dunkeln Zweig des Rohres wieder Licht, von genau gleicher Schichtenzahl und Schichtdicke, wie das in dem anderen, aber weit geringerer Helligkeit; letztere nimmt bei fernerem Pumpen allmählich zu (die Zahl der Schichten ab), bis schliesslich, wenn in jeder Hälfte des Rohres acht Schichten sichtbar sind, beide Seiten wieder genau gleichhell erscheinen. Bei Verschlechterung des Vakuums tritt mit Vermehrung der Schichtenzahl auch wieder eine Helligkeitsdifferenz in dem vorbeschriebenen Sinne ein.

Die letzterwähnten Veränderungen der Entladung kann man wohl als in Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen des Herrn Wehnelt[1]) ansehen: da die beiden Kathoden gleichen Durchmesser haben, so wirkt bei tiefen Drucken die Hohlkathode wie eine zweite der ersten ganz gleiche ebene Kathode.[2]) Entladungen von weit grösserer Empfindlichkeit hat Tesla beobachtet.[3])

1) Strom- und Spannungsmessungen an Kathoden in Entladungsröhren. Habilitationsschrift. Leipzig, S. Hirzel. 1901. Diese Zeitschr. 2, 334, 1901.

2) A. Wehnelt, l. c. S. 15.

3) Nikola Teslas Untersuchungen u. s. w. Zusammengestellt von Martin. Deutsch von Maser. Halle a. S., W. Knapp. S. 226–230, 1895.

Berlin, Oktober 1901.

(Eingegangen 22. November 1901.)

Schwebungen bei erzwungener Schwingung.

Von Eduard Riecke.

Man hänge ein Gewicht von etwa 2 kg an einem Drahte von etwa 30 cm Länge auf; an dem Gewichte befestige man ein Fadenpendel mit einer möglichst leichten Kugel, dessen Periode nahezu dieselbe ist, wie die des von dem 2 kg-Gewichte gebildeten Pendels. Man gebe nun dem letzteren Pendel einen leichten Stoss, so dass es in eine kaum merkliche Bewegung gerät. Das Fadenpendel kommt in Schwingungen, die von einer anfangs ganz kleinen Weite bis zu einem Maximum der Amplitude wachsen, wieder bis zu verschwindender Amplitude abnehmen, wieder anwachsen und so fort; man erhält so die ausgeprägtesten Schwebungen, bei welchen die maximale Amplitude leicht über einen rechten Winkel hinausgehen kann, während das 2 kg-Gewicht nur um wenige Millimeter hin- und herschwankt.

Die Erklärung der Erscheinung liegt in der Theorie der erzwungenen Schwingungen. Die von dem oberen Pendel auf das Fadenpendel ausgeübte periodische Kraft sei durch den Ausdruck $F \cdot \sin 2\pi \frac{t}{V}$ gegeben. Die Periode der freien und nicht gedämpften Schwingung des Fadenpendels sei T; der Grenzwert von T, für welchen die Bewegung des Fadenpendels infolge der Dämpfung eine aperiodische wird, sei Θ; die Masse des Fadenpendels sei m. Beim Beginne der Bewegung sei das Fadenpendel in Ruhe, also sowohl sein Ausschlag x, als seine Geschwindigkeit $\frac{dx}{dt}$ gleich Null. Durch die äussere Kraft wird gleichzeitig eine erzwungene und eine freie Schwingung des Fadenpendels erregt. Der allgemeine Ansatz für den Ausschlag ist daher:

$$x = f \sin\left(2\pi \frac{t}{V} - \varepsilon\right) + A e^{-2\pi \frac{t}{\Theta}} \times \sin\left(\frac{2\pi}{T}\sqrt{1 - \frac{T^2}{\Theta^2}}\, t - \alpha\right)$$

Hier ist:

$$f = \frac{F \Theta V}{8 \pi^2 m \sqrt{\frac{\Theta^2 V^2}{4}\left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{V^2}\right)^2 + 1}}.$$

Soll für $t = 0$ sowohl x als auch $\frac{dx}{dt}$ verschwinden, so muss:

$$A = \frac{F \Theta T}{8 \pi^2 m \sqrt{\frac{\Theta^2 V^2}{4}\left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{V^2}\right)^2 + 1} \times \sqrt{1 - \frac{T^2}{\Theta^2}}},$$

sein. Für das Verhältnis zwischen der Amplitude der erzwungenen und der Amplitude der freien Schwingung ergiebt sich somit:

$$f : A = V : \frac{T}{\sqrt{1 - \frac{T^2}{\Theta^2}}}.$$

Ist die Dämpfung klein und ist V nahezu gleich T, so ist auch f nahezu gleich A, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Beobachtung.

(Eingegangen 28. November 1901.)

Über die Radioaktivität des Thoriumoxyds.

Von Karl Fehrle.

Wie Rutherford[1]) fand, sendet das Thoroxyd zwei Arten von Strahlung aus. Die eine sehr durchdringende, von ihm „Emanation" genannt, scheint hauptsächlich die von ihm gefundene sekundäre Radioaktivität hervorzurufen. Die Erscheinung der sekundären Radioaktivität spricht dafür, dass die Emanation in einer Überführung von Partikeln besteht. Untersuchungen hierüber haben mir weitere Bestätigungen dieser Annahme geliefert. Über diese Versuche soll nun berichtet werden.

Wurde ein Aluminiumstreifen 9,7×5,4 cm parallel der kürzeren Seite durch Ritzen in 11 gleiche Streifen geteilt, und in der Weise, wie Fig. 1 zeigt, dem Thoroxyd exponiert, so waren die Stärken der Radioaktivität der einzelnen Streifen, die des ersten mit 1 bezeichnet, von links nach rechts 1 1,1 1,9 2,9 4,3 3,5 2,9 1,8 1,1 0,9 0,5. Das Maximum der Radioaktivität war hierbei erreicht. Aus den Zahlen ist zu schliessen, dass die Partikel von dem positiv geladenen Kasten nach der Mitte zu abgestossen werden, und ferner, wegen der kleinen Radioaktivität der Randstreifen, dass keine Partikel neben der Platte durchdiffundieren, diese Versuchsanordnung vorausgesetzt.

Thatsächlich zeigt auch die von dem Thoroxyd abgewendete Seite einer Platte nur geringe Radioaktivität im Vergleich mit der Radioaktivität auf der zugewendeten Seite, wenn sie wie die des ersten Versuchs aktiviert wird.

Wurde ein Messingdraht in einen Messingcylinder, auf dessen Boden sich das Thoroxyd befand, luftdicht eingesetzt, und mit dem Elektrometer verbunden, während der Cylinder konstant auf 100 Volt geladen war, so betrug der Ausschlag anfänglich 173 Skalenteile in 2 Minuten und stieg in 16 Stunden auf 206 Sk. in 2 Minuten. Nach Entfernung des Thoroxyds betrug er noch 30 Sk. Mit einem neuen Drahte ergab sich überhaupt kein Ausschlag. Daraus geht hervor, dass der ganze Zuwachs von den am Drahte kondensierten Partikeln her-

1) Rutherford, Phil. Mag. **49**, 161 ff., 1900.

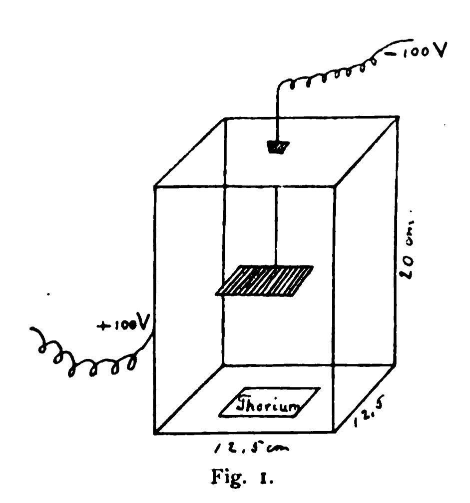


Fig. 1.

rührte, dass also ausser diesen keine radioaktiven Partikel entstanden waren.

Rutherford zeigte, dass diese Partikel Teile einer neuen, im Thoroxyd enthaltenen Substanz sind.[1]) Ich habe nun gezeigt, dass diese Substanz vor dem Vorgange der Emanation sich chemisch verändert. Während nämlich die sekundär induzierten Partikel von Salzsäure gelöst werden, wie Rutherford zeigte[2]), wird die die Emanation bedingende Substanz von Salzsäure nicht angegriffen. Die Radioaktivität derselben Menge Thoroxyd änderte sich nämlich nicht, wenn sie mit Salzsäure behandelt und getrocknet wurde. Immerhin könnte eine kleine Menge der Substanz in Lösung gegangen sein, ohne dass dadurch die Radioaktivität des Ganzen merklich geschwächt wurde. Auch das ist nicht der Fall. Es wurden nämlich hintereinander drei Auszüge mit ein- und derselben Salzmenge mit immer dem gleichen Quantum HCl gemacht, nachdem jedesmal das Salz wieder gewaschen und getrocknet worden war. Die Rückstände der drei Salzsäuremengen zeigten folgende Radioaktivitäten, wenn wir die erste mit 100 bezeichnen: 100 26 5. Die Radioaktivität des Salzes blieb dieselbe. Sie können also nur von der sekundären Radioaktivität herrühren, die das Salz in sich selbst induziert hat, denn bei Annahme einer Lösung der die Emanation bedingenden Substanz wäre nicht einzusehen, warum beim dritten Auszuge nichts mehr davon gelöst wird, wo doch die Radioaktivität des Ganzen ungeschwächt fortdauert. Diese letztgenannte Substanz unterscheidet sich also in ihrem chemischen Verhalten von der sekundär induzierten. Man kann annehmen, dass sie ein in beständiger Zersetzung begriffenes Salz ist. Der eine Teil des Zersetzungsproduktes würde dann die Emanation und damit die sekundäre Radioaktivität bedingen.

1) Diese Zeitschr. **2**, 429, 1901.
2) Rutherford, Phil. Mag. **49**, 189, 1900.

Werden die Partikel durch Erhitzen gezwungen, sich von dem aktivierten Körper zu entfernen, so verlieren sie damit nicht die Eigenschaft, einen dritten Körper radioaktiv zu machen. Damit ist also eine tertiäre Radioaktivität hergestellt, deren Möglichkeit bereits von Dorn[1]) konstatiert wurde. Wurde ein radioaktiver Platindraht luftdicht und isoliert in einem Messingcylinder ausgespannt, und mit dem Elektrometer verbunden, während der Cylinder ein konstantes Potential von 100 Volt erhielt, so betrug der Ausschlag anfänglich 237 Sk. in 2 Minuten. Wurde der Draht jetzt durch einen Strom von 20 Amp. 2 Minuten geglüht, so blieb der Ausschlag nahe derselbe. Nach Einsetzen eines inaktiven Drahtes in den Cylinder betrug er 97 Sk. in 2 Min. Der Cylinder war also etwa halb so stark radioaktiv geworden, wie der Draht ursprünglich.

Dagegen fand ich, dass die Temperatur der flüssigen Luft auf die Ausgabe der Partikel ohne Einfluss ist. Ein isoliert in einen Messingcylinder hineinragender radioaktiver Draht wurde in der Art, wie Fig. 2 zeigt, in ein Dewar-

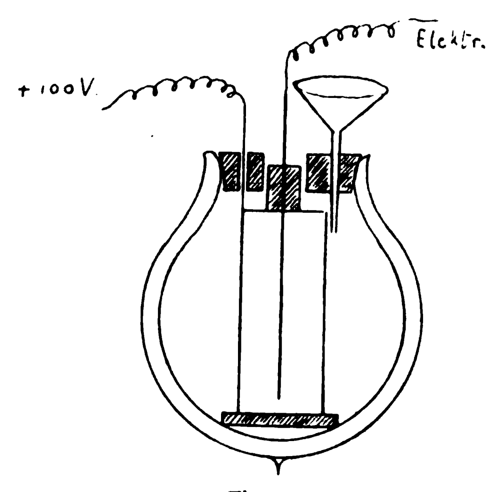


Fig. 2.

sches Gefäss gestellt, und die Radioaktivität gemessen, wenn der Cylinder mit gewöhnlicher Luft und flüssiger Luft gefüllt war. Die Ausschläge in beiden Fällen betrugen 142 und 2 Sk. Dass hier lediglich Absorptionswirkung in Betracht kommt, geht daraus hervor, dass eine radioaktive Platinplatte, die in flüssiger Luft lag, in der gesetzmässigen Zeit ihre Radioaktivität verlor.

Wurde der Draht durch einen inaktiven ersetzt, und Thoroxyd auf den Boden des Cylinders gebracht, und dann flüssige Luft in das Dewarsche Gefäss gegossen, aber so, dass sie den Cylinder nur von aussen bespülen konnte,

1) Dorn, Beibl. **24**, 1343, 1900.

so blieb der Ausschlag in den ersten 3 Minuten konstant, fiel aber dann allmählich auf 0,35 des Ganzen, wo er konstant blieb, bis noch weitere Luft hinzugegossen wurde, was ein nochmaliges Fallen der Radiation zur Folge hatte, so dass der Ausschlag $^1/_4$ des Ganzen wurde. Aus diesen Daten geht hervor, dass die Radiation mit der nach und nach erfolgenden Verdichtung der Luft im Cylinder kleiner wurde, während sie von der Temperatur unbeeinflusst blieb.

(Eingegangen 12. Dezember. 1901.)

Über das optische Brechungsverhältnis einiger Flüssigkeiten bei tiefen Temperaturen.

Von Gottlieb Kučera und Carl Forch.

Die Messungen der Dielektrizitätskonstante von Flüssigkeiten bei sehr tiefen Temperaturen führten zu dem bemerkenswerten Resultate, dass bei der Temperatur der flüssigen Luft diese Konstante kleine, zwischen 2 und 3 liegende Werte annimmt, so dass die Maxwellsche Regel (Dielektrizitätskonstante gleich dem Quadrate des Brechungsverhältnisses) scheinbar von allen gemessenen Flüssigkeiten im festen Zustande erfüllt wird. Nun ist aber der Gang der DK mit der Temperatur bei verschiedenen Flüssigkeiten sehr verschieden, so dass sie sich danach deutlich in zwei Klassen scheiden lassen. Bei den ersteren, wie Schwefelkohlenstoff, Toluol, Ricinus- und Olivenöl, bei welchen die DK auch bei gewöhnlichen Temperaturen kleine Werte haben, so dass die Abweichung von der Maxwellschen Regel nicht allzu stark ist, fällt nach den Messungen von Dewar und Fleming[1]) die DK langsam mit abnehmender Temperatur; beim Schwefelkohlenstoff steigt sie allerdings vorerst langsam zu einem schwachen Maximum (2,70) bei -116^0, um dann schnell bis zum Endwerte 2,24 zu fallen.

Die andere Klasse der Flüssigkeiten, zu der Äther, Aceton, Äthyl-, Methyl-, Propyl-, Isobutyl- und Amylalkohol gehören, zeigt ein wesentlich anderes Verhalten; die DK steigt nämlich nach den Messungen von Abegg und Seitz[2]) stark mit abnehmender Temperatur (nach dem empirischen Gesetze $\mathrm{DK} = \mathrm{Konst.}\, e^{-\frac{t}{190}}$) und fällt erst bei dem Erstarren der Flüssigkeit plötzlich auf einen zwischen 2 und 3 liegenden Wert. Diese merkwürdigen Thatsachen veranlassten uns, das optische Brechungsverhältnis einiger der genannten Flüssigkeiten nach den tieferen Temperaturen hin zu verfolgen, um das Verhalten seines Temperaturkoëffizienten festzustellen.

Die Messung des Brechungsverhältnisses erfolgte an einem Flüssigkeitsprisma nach der Methode des in sich zurückkehrenden Strahles (Autokollimation), und zwar wurde die brechende Kante des Prismas horizontal gelegt. Dies geschah zu dem Zwecke, um die eigene horizontale Flüssigkeitsoberfläche direkt als eine Prismenoberfläche verwenden zu können; auch konnte man so die Kältemischung, welche die Flüssigkeit mit Ausnahme der oberen Fläche allseitig umgab, bequemer an das Prisma heranbringen. Die zu untersuchende Flüssigkeit befand sich in einem offenen Metallgefässe, dessen Boden um etwa 30⁰ gegen die Horizontale geneigt war (Figur 1); auf demselben war durch

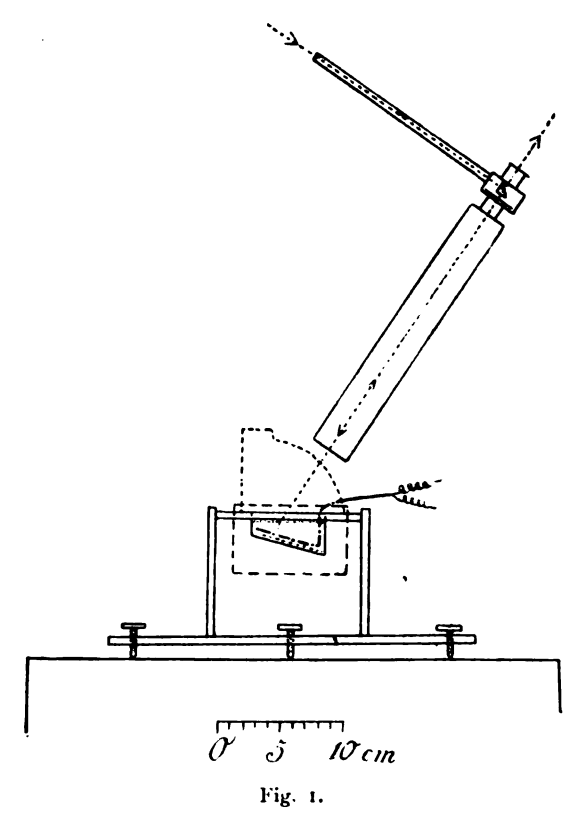


Fig. 1.

zwei Blattfedern ein auf der Vorderseite versilbertes planes Glasplättchen als reflektierende Fläche befestigt. Das Gefäss sass in einer dicken Ebonitplatte, die auf einem schweren Metallfusse derart befestigt war, dass die in einem weiteren Troge befindliche Kältemischung (feste Kohlensäure mit Äther) bequem von unten über das Gefäss geschoben und durch Klötze fixiert werden konnte. Die Flüssigkeit wurde stets nur so hoch eingefüllt, dass ihr Niveau unter der unteren Fläche der Ebonitplatte lag, sie selbst also immer ganz in die Kältemischung eintauchte. Als obere Begrenzungsfläche des

1) Dewar und Fleming, Proc. Roy. Soc. London 61, 358, 1897.

2) Abegg, Wied. Ann. 60, 54, 1897. Abegg und Seitz, Zeitschr. für phys. Chem. 29, 242, 1899.

Prismas wurde, wie bereits erwähnt, die natürliche Oberfläche der Flüssigkeit benutzt und der Apparat so eingestellt, dass nur der horizontale, vom Meniskus nicht beeinflusste Teil derselben von den Lichtstrahlen getroffen wurde. Da aber an der kalten Oberfläche die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre sich kondensierte, was bei mit Wasser nicht mischbaren Flüssigkeiten eine Trübung, bei anderen eine merkliche Konzentrationsänderung bewirken musste, so wurde über dieselbe im Abstand von etwa 8 mm eine dünne, planparallele Glasplatte gelegt und auf diese ein passend geformtes U-förmiges Trockengefässchen mit Phosphorsäureanhydrit gestellt. Eine Papphülle, welche nur für das Fernrohr und das Thermometer Öffnungen hatte, sollte die so ziemlich getrocknete Luft gegen den Aussenraum abschliessen. Gleichwohl musste bei besonders hoher Luftfeuchtigkeit die Platte im Laufe einer Beobachtungsreihe zuweilen von dem kondensierten Wasser gereinigt werden.

Die Messung der Winkel erfolgte an dem Höhenkreis eines guten älteren astronomischen Universalinstrumentes von Reichenbach & Ertel in München, dessen Nonius 4" ergab. Auf der horizontalen Achse desselben war das Kollimationsrohr eines Abbeschen Spektrometers seitlich befestigt. Die Beleuchtung mit Na-licht besorgte ein Bunsenbrenner mit von Kochsalzlösung durchtränktem Asbestpapier.

Die Temperaturen wurden mit einem Platinwiderstandsthermometer gemessen. Der Durchmesser des von Heräus, Hanau, gelieferten, doppelt mit weisser Seide umsponnenen Drahtes betrug 0,033 mm. Der Draht war auf ein U-förmiges Glimmerplättchen aufgewickelt, an dickere Platinzuführungsdrähte angeschweisst und in eine ähnlich geformte Büchse aus sehr dünnem Kupferblech eingeschoben. (Fig. 2.)

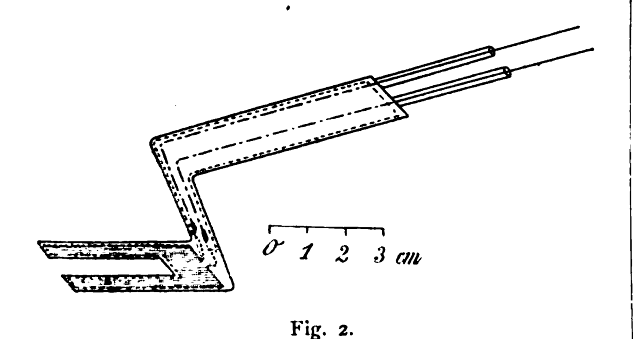


Fig. 2.

Die Messung des Widerstandes geschah mittels einer Kohlrauschschen Walzenbrücke mit beiderseitigem Vorschaltwiderstand[1]) und eines Du Bois-Rubensschen Galvanometers[2]) mit sehr hohem Widerstand. In dem Stromkreise des Elementes war ein Balastwiderstand von ca. 1100 Ohm eingeschaltet, um eine merkliche Erwärmung des Thermometers durch den Strom unmöglich zu machen. Als Stromschlüssel wurde der im 2. Jahrg. dieser Zeitschrift S. 381 beschriebene Doppelschlüssel benutzt.

Um ein künstliches Altern des fertiggestellten Thermometers zu bewirken, wurde dasselbe zuerst lange Zeit auf einer Temperatur von etwa $+130^0$ gehalten und hierauf oft Änderungen im Intervalle -80^0, 0^0 und 100^0 ausgesetzt. Nachdem der Widerstand bei 0^0 und der Temperaturkoeffizient zwischen 0^0 und $+100^0$ konstant geworden war, wurden die Konstanten des Thermometers definitiv bestimmt, und zwar

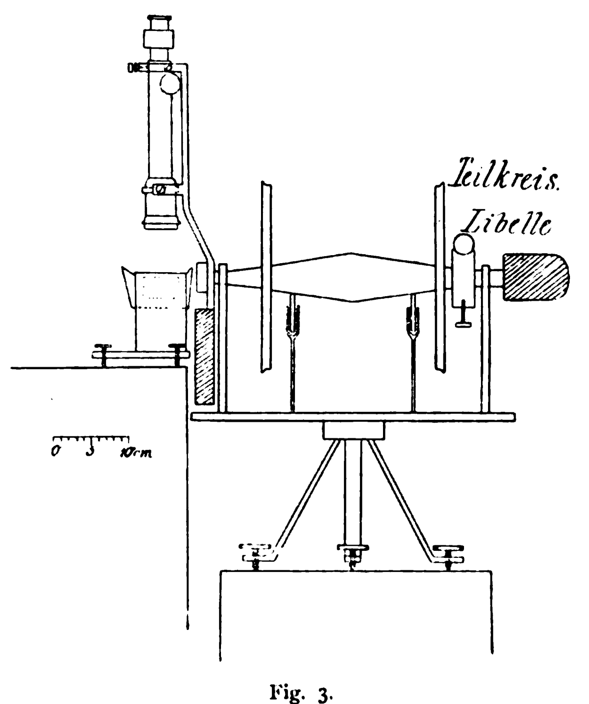


Fig. 3.

der Widerstand bei $-79{,}4^0$ in fester Kohlensäure[1]), bei 0^0 und bei $+100^0$. Es ergab sich hieraus der Temperaturkoeffizient zwischen 0^0 und 100^0 $\left(\frac{w_{100}-w_0}{100\cdot w_0}\right)$ zu 0.002922 und zur Umrechnung der „Platin-" auf „Wasserstofftemperaturen" die Formel

$$t = 1{,}02738\,.\,t - 0{,}0002738\,.\,t^2.$$

Bei der Konstruktion des Thermometers wurde sehr dünner Draht und ziemlich hoher Widerstand (bei 0^0 248,07 Ohm) gewählt, da dies einerseits eine kleine Wärmekapazität und schnelle Annahme der Temperaturänderungen, andererseits einen sehr geringen Einfluss der unregel-

1) F. Kohlrausch, Wied. Ann. **56**, 177, 1895.
2) Du Bois und Rubens, Wied. Ann. **48**, 236, 1893.

1) Du Bois und Wills, Verh. d. d. phys. Ges. 1, 168, 1899.

mässigen Temperaturverteilung in den herausragenden Zuführungsdrähten zur Folge hat.

Das Thermometer, welches von den Wänden des Gefässes und dem Spiegel überall etwa 1 mm Abstand hatte, wurde so eingesetzt, dass der mittlere Teil des Spiegels zur Beobachtung frei blieb und mit Draht an der Ebonitplatte befestigt. Alsdann wurde die Flüssigkeit bei Zimmertemperatur eingefüllt, und das reflektierte Bild im Fernrohr eingestellt, wobei meistens noch eine geringe Änderung an der Einjustierung der Fussschrauben des Gefässträgers nötig war. Hierauf wurde das Gefäss mit der Kältemischung — feste Kohlensäure mit Äther — untergeschoben und entsprechend befestigt. Dasselbe war, um die störenden Ätherdämpfe abzuhalten und die Temperaturen länger konstant zu erhalten, oben mit Watte abgedeckt.

Die Beobachtung des Brechungsverhältnisses und der Temperatur erfolgte völlig gleichzeitig, indem der eine von uns die Einstellung an der Walzenbrücke abwartete und, sowie diese erreicht war, der andere die Einstellung am Fernrohr bewirkte. Es konnten so, während die Temperatur von etwa -70^0 bis auf etwa 0^0 langsam (innerhalb 2 bis 3 Stunden) anstieg, grosse Reihen (bis zu 100) zusammengehöriger Beobachtungspaare für jede Flüssigkeit gewonnen werden.

Es wurden gemessen: Schwefelkohlenstoff, Toluol, Methyl-, Aethyl- und Amylalkohol, sowie Äthyläther. Die Resultate wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate durch eine Gleichung von der Form $n = a + b.t + c.t^2$ zunächst für Platintemperatur dargestellt und alsdann auf die gewöhnliche Temperaturskala mittels der bereits angegebenen Reduktionsformel umgerechnet. Es ergab sich das Brechungsverhältnis n für Natriumlicht bei der Temperatur t für

Amylalkohol zwischen 0^0 und -70^0

$$n = 1{,}42003 - 0{,}0_3 4625\, t + 0{,}0_6 307\, t^2$$

Methylalkohol zwischen 0^0 und -64^0

$$n = 1{,}34093 - 0{,}0_3 492 \cdot t - 0{,}0_6 823\, t^2$$

Äthylalkohol zwischen 0^0 und -67^0

$$n = 1{,}37148 - 0{,}0_3 510\, t + 0{,}0_6 303\, t^2$$

Äthyläther zwischen 0^0 und -46^0

$$n = 1{,}36504 - 0{,}0_3 596\, t - 0{,}0_5 718 \,.\, t^2$$

Toluol zwischen 0^0 und -44^0

$$n = 1{,}50292 - 0{,}0_3 507\, t + 0{,}0_5 1540\, t^2 - 0{,}0_9 8\, t^3$$

Schwefelkohlenstoff zwischen 0^0 und -60^0

$$n = 1{,}64362 - 0{,}0_3 733\, t + 0{,}0_5 900\, t^2.$$

Die mittlere Abweichung der einzelnen Beobachtung betrug etwa 1,5 Einheiten der vierten Dezimale. Dieselbe rührt wohl hauptsächlich von mangelhaftem Temperaturausgleich in den vom Lichte durchsetzten Schichten und der dadurch bedingten geringen Schärfe der Einstellung bei den optischen Beobachtungen, nicht von Fehlern der Temperaturbestimmung her. Bei Toluol und Äthyläther wurden Beobachtungen unter -44^0 resp. -46^0 zur Berechnung nicht benutzt, da bei beiden ein zu rascher Temperaturwechsel die Beobachtungen bei tieferen Temperaturen unsicher machte.

Aus den Resultaten geht hervor, dass die Alkohole und Äther, welche in Hinsicht auf die DK sich so stark von Schwefelkohlenstoff unterscheiden, in optischer Hinsicht ihm im untersuchten Temperaturintervall vollständig ähnlich sind. Bemerkenswert ist, dass die Kurve des Brechungsverhältnisses bei Schwefelkohlenstoff unter 0^0 eine entgegengesetzte (allerdings ziemlich schwache) Krümmung zeigt, als bei den über 0^0 liegenden Temperaturen, was mit den Messungen von Ketteler[1]) übereinstimmt, der den Wendepunkt ungefähr bei 0^0 fand. Ob die übrigen untersuchten Substanzen ein ähnliches Verhalten aufweisen, lässt sich an der Hand des bis jetzt vorhandenen Beobachtungsmateriales nicht sicher entscheiden.

Von grossem theoretischen Interesse wäre, diese Verhältnisse weiter zu tieferen Temperaturen, womöglich bis zum Erstarren der Flüssigkeiten zu verfolgen, was jedoch mit der angewandten Methode kaum möglich ist. Der Anwendung von anderen Methoden steht entgegen, dass für das Brechungsverhältnis des Glases bei sehr tiefen Temperaturen unseres Wissens bisher keine Daten vorliegen.

1) Ketteler, Wied. Ann. **35**, 662, 1888.

Darmstadt, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule.

(Eingegangen 16. Dezember 1901.)

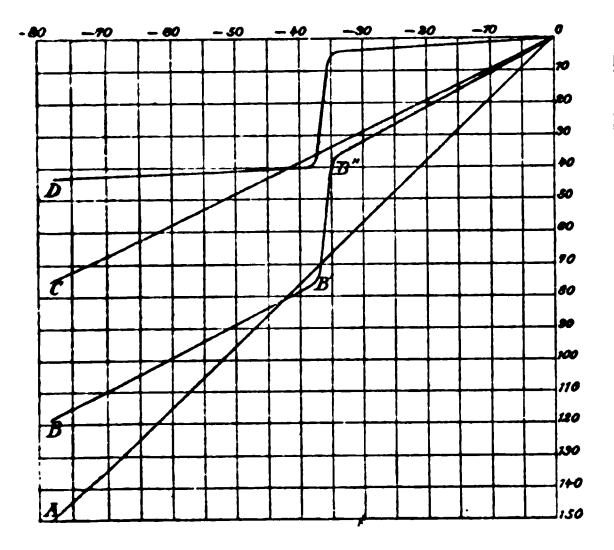
Volumenänderung des Quecksilbers beim Übergang aus dem starren in den flüssigen Zustand und thermische Ausdehnung des starren Quecksilbers.[1])

Von L. Grunmach.

Die Methode, deren ich mich zur Bestimmung der Volumenänderung des Quecksilbers bei Änderung seines Aggregatzustandes bediente, war folgende: An ein cylindrisches thermometerartiges Gefäss aus schwer schmelzbarem Jenenser Glase von etwa 2,5 ccm Inhalt war eine sorgfältig kalibrierte und mit arbiträrer Skala versehene Kapillarröhre angeschmolzen, welche oben in eine kleine trichterförmige Erweiterung behufs bequemer Füllung des Thermometers endigte. Es wurde zunächst mit reinem abso-

1) Vorgetragen auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Hamburg, Abteilung 2, 25. Septbr. 1901.

luten Alkohol gefüllt, und zwar in der Weise, dass, wenn es, nachdem mittels einer Wasserstrahlluftpumpe unter Erwärmung und vorsichtiger Erschütterung der Gefässwandung alle Luftbläschen ausgetrieben waren, seiner ganzen Länge nach in fein zerstossenes schmelzendes Eis eingebettet war und darin etwa zwei Stunden lang gestanden, der Alkoholmeniskus mit dem Anfangsstrich (Nullpunkt) der Teilung genau zusammenfiel. Nunmehr wurde das Thermometer, welches ich mit A ($^1/_2$ Alkohol + $^1/_2$ Alkohol) bezeichnen will, oben zugeschmolzen, dann ganz allmählich bis auf —80° C. abgekühlt und in mehreren Vergleichungsreihen in dem Temperaturintervall von —80 bis —30° C., von Grad zu Grad bei aufsteigender Temperatur fortschreitend, mit einem von R. Fuess hergestellten, in halbe C.-Grade geteilten Normal-Alkohol-Thermometer N, welches von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüft und beglaubigt war, verglichen. Als Bad diente ein mit einem Gemisch von fester Kohlensäure und abgekühltem Alkohol gefülltes grösseres Glas-



gefäss, welches konzentrisch von einem mit einer Kältemischung gefüllten Gefäss umgeben und mit einer geeigneten Rührvorrichtung versehen war, um während der Beobachtungen eine hinreichende Konstanz der Temperatur herzustellen. Die Ablesungen erfolgten mittels zweier Ablesemikroskope, welche halbe Zehntelgrade mit Sicherheit zu schätzen gestatteten in der Weise, dass in dem Momente, in welchem für den einen Beobachter[1]) der Alkoholindex mit einem vollen Gradstrich des Normalthermometers N koinzidierte, a tempo die Ablesung des Thermometers A durch den anderen Beobachter erfolgte. Auf diese Weise sind fünf Vergleichungsreihen ausgeführt worden, welche eine sehr gute innere Übereinstimmung zeigten, und deren Ergebnisse durch die nahezu geradlinig verlaufende Kurve OA graphisch dargestellt werden. Die Abszissen geben, von rechts nach links in absteigendem Sinne, die mit dem Normal-Alkoholthermometer N abgelesenen Temperaturen, während die Ordinaten die durch das Alkoholthermometer A in Teilen seiner arbiträren Skala angegebenen Temperaturen darstellen.

Um einige Vergleichungspunkte, die wir nachher gebrauchen werden, herauszugreifen, so entsprechen

den Angaben	die Angaben
—78,2 ° C. von N	149,86 p. von A
—38,5 „	73,11 „
—33,7 „	64,03 „
0 „	0 „

Hieraus ergiebt sich, dass

in dem Temperaturintervall von	1° C. entsprechen
—78,2 bis —38,5° C.	1,9321 p. von A
—38,5 „ —33,7	1,9160 „
—33,7 „ 0	1,8998 „

Hierauf wurde das Alkoholthermometer A oben geöffnet, seines Alkohols entleert und nach sorgfältigster Austrocknung zur Hälfte mit reinem destillierten Quecksilber, zur anderen Hälfte mit dem Alkohol derselben Sorte gefüllt. Dies geschah in der Weise, dass das Instrument zunächst wie ein Quecksilberthermometer mit reinem Quecksilber gefüllt wurde, so dass, wenn es wieder seiner ganzen Länge nach in klein zerstossenem schmelzenden Eise zwei Stunden lang eingebettet gestanden, der Quecksilbermeniskus genau mit dem Nullpunkte der Skala koinzidierte, dass hierauf die Gesamtmasse des Füllquecksilbers durch Wägung (zu 31,180 g) ermittelt und das Instrument zur Hälfte mit der halben Masse (15,590 g) dieses Quecksilbers und zur anderen Hälfte wieder mit dem Alkohol in der vorhin angegebenen Weise gefüllt wurde, so dass, wenn es seiner ganzen Länge nach sich genügend lange in Eis befand, der Alkoholmeniskus wieder genau mit dem Nullpunkte der Skala zusammenfiel. Das auf diese Weise hergestellte Quecksilber-Alkoholthermometer, welches ich mit B ($^1/_2$ Quecksilber + $^1/_2$ Alkohol) bezeichnen will, wurde nun genau so wie vorher das Alkoholthermometer A mit dem Normal-Alkoholthermometer N in sechs unabhängigen Beobachtungsreihen, die wieder eine gute innere Übereinstimmung zeigten, verglichen. Die graphische Darstellung der Ergebnisse dieser Beobachtungsreihen giebt im Mittel die Kurve OB, in welcher wir drei Teile unterscheiden können: erstens den Teil BB', welcher dem Temperaturintervall von —78,2 bis —38,5° C. entspricht, in welchem das Quecksilber sich in starrem Zu-

1) Herr Ingenieur Seibt war so freundlich, mich bei den Versuchen zu unterstützen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank sage.

stande befindet, zweitens das Kurvenstück $B'B''$, welches dem Temperaturintervall von —38,5 bis —33,7° C. entspricht, innerhalb dessen der Schmelzprozess vor sich geht, und drittens das Kurvenstück $B''O$, welches dem Temperaturintervall von —33,7 bis 0° C. entspricht, in welchem das Quecksilber sich in flüssigem Zustande befindet.

Den vorhin mitgeteilten Temperaturangaben

des Normal-Alkoholthermometers N	entsprechen von B die Temperaturangaben
—78,2° C.	118,49 p.
—38,5 „	76,82 „
—33,7 „	36,32 „
0	0

Hieraus ergiebt sich, dass

in dem Temperaturintervall	1° C. entsprechen
—78,2 bis —38,5° C.	1,0527 p. von B
—38,5 „ —33,7	8,4375 „
—33,7 „ —0	1,0777 „

Um nun aus der dem Gange des (½ Quecksilber + ½ Alkohol)-Thermometers B entsprechenden Kurve OB, welche ja die Volumenänderungen von Quecksilber und von Alkohol zusammen darstellt, die Volumenänderungen des Quecksilbers allein zu erhalten, hat man nur die unbedingt zulässige Annahme zu machen, dass für ein und dasselbe Temperaturintervall die Volumenänderungen des halben Alkoholvolumens nur halb so gross sein werden, wie diejenigen des ganzen Alkoholvolumens. Die Volumenänderungen des halben Alkoholvolumens werden nun graphisch dargestellt durch die ebenfalls nahezu geradlinig verlaufende Kurve OC, deren Ordinaten in jedem Punkte halb so gross sind, wie die Ordinaten der entsprechenden Punkte der Kurve OA. Durch Kombination der beiden Kurven OB und OC ergiebt sich demgemäss die Kurve OD, welche die Volumenänderungen des Quecksilbers allein in dem Temperaturintervall von —78,2 bis 0° C. graphisch darstellt. Man kann wieder drei Teile derselben unterscheiden, den ersten, von —78,2 bis —38,5° C. reichend, bei welchem das Quecksilber sich in starrem Zustande befindet und pro 1° C. sich um 0,0867 p. der arbiträren Skala ausdehnt; zweitens den Teil der Kurve, welcher dem Temperaturintervall von —38,5 bis —33,7° C., innerhalb dessen der Schmelzprozess vor sich geht, entspricht, und in welchem — wenn, um einen Vergleich zu gewinnen, die Annahme einer proportionalen Verteilung zulässig ist —, 1° C. eine Volumenänderung von 7,4795 p. der arbiträren Skala entsprechen würde, und drittens den dem Temperaturintervall von —33,7 bis 0° C. entsprechenden Teil, in welchem das Quecksilber sich in flüssigem Zustande befindet und pro 1° C. eine Volumenänderung von 0,1278 p. der arbiträren Skala erfährt.

Es würde sich also das Quecksilber allein pro 1° C. ausdehnen

im Temperaturintervall		
von —78,2 bis —38,5° C.	um 0,0867 p.	der arbiträren Skala
„ —38,5 „ —33,7	„ 7,4795 „	
„ —33,7 „ 0	„ 0,1278 „	

Es folgt hieraus, dass sich Quecksilber während des Schmelzprozesses 86,50 mal stärker ausdehnt als in starrem und 58,68 mal stärker als in flüssigem Zustande, und dass die Ausdehnung des starren Quecksilbers 0,6784 oder abgerundet ⅔ der Ausdehnung des flüssigen Quecksilbers beträgt, so dass, wenn wir den Ausdehnungskoeffizienten des flüssigen Quecksilbers zu 0,000181 annehmen, derjenige des starren Quecksilbers 0,000123 ist.

Eine starre Quecksilbermasse, deren Volumen kurz vor dem Schmelzen 1 ccm beträgt, vergrössert durch den Schmelzprozess ihr Volumen auf 1,050982 ccm, also um etwas mehr als 5 Proz.[1])

1) Herr J. W. Mallet findet als Dichte des starren Quecksilbers bei —38,85° C. (Proc. of the Roy. Soc. **26**, 77, 1877) den Wert 14,1932, was einer Volumenzunahme während des Schmelzprozesses von nur 3,7 Proz. entsprechen würde.

(Eingegangen 8. Dezember 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

F. Neesen (Berlin), Zur Blitzableiterfrage.[1])

An der Hand von zwei Blitzschlägen wurden Einzelheiten in Bezug auf die Anordnung der Blitzableiter für Gebäude und für elektrische Anlagen besprochen. Der eine Blitzschlag traf ein mit Faradayschem Käfig geschütztes Gebäude einer Sprengstofffabrik und zeigte die Schädlichkeit von eisernen Befestigungen für den Blitzableiterstrang. Zu Seiten des getroffenen Gebäudes befanden sich zwei andere, die mit einem Blitzableiter nach Gay-Lussac, also mit Fangstange, und einer Ergänzung desselben durch einen Faradayschen Käfig versehen waren. Ferner standen zwei hohe Fangstangen auf Schutzwällen dicht neben dem getroffenen Gebäude. Letzteres hatte einen

1) Abteilung 3, 23. September 1901.

Blitzschutz in Gestalt eines Faradayschen Käfigs ohne Fangstange. Der Blitzschlag hat die beiden Fangstangen auf den Wällen und das eine Gebäude getroffen. An dem letzteren ist vermutlich durch die eisernen Befestigungsnägel für die Ableitung ein Seitenschlag zu der ganz naheliegenden Wasserleitung übergegangen, welche unter der Erde mit dem Ableiter verbunden war. In anderen Fällen sind aber umgekehrt gutleitende Befestigungen nötig, so dass die Frage nach dem Material, aus welchem letztere herzustellen sind, nicht allgemein gelöst werden kann. Blitzschläge in das Kabelnetz der Berliner Strassenbahn beweisen, dass für die dort gewählte Anordnung der Blitzableiter zwischen den Zuführungsmasten besser eine Anordnung direkt an letzteren selbst zu wählen ist, dass ferner der Blitzableiter, um sicher zu wirken, grössere Entladungsflächen haben muss, als wie gewöhnlich genommen werden. Eine derartige Anordnung ist schon früher vom Vortragenden in seinen „Sicherungen" vorgeschlagen.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 4. Oktober 1901.)

J. Classen (Hamburg), Über ein Photometer zur Messung der Helligkeitsverteilung in einem Raume ohne Zuhilfenahme einer Zwischenlichtquelle. [1])

Während es bereits verschiedene Mittel giebt, sei es an der Photometerbank, sei es durch das Weberphotometer, um die Helligkeitsverteilung um eine mit Lampenglocke oder Reflektor versehene Lichtquelle herum zu messen, so versagen diese Mittel doch mehr oder weniger, sobald es sich darum handelt, in der Praxis in fertigen, im Betriebe befindlichen Beleuchtungsanlagen die Lichtverteilung mit der wünschenswerten Sicherheit zu messen, da das Beziehen aller Messungen auf eine konstante Zwischenlichtquelle zur Voraussetzung hat, dass die Helligkeit der zu messenden Lichtquellen selbst während der ganzen Dauer der Untersuchung nicht infolge veränderter Stromstärke oder Gasdruckes merklichen Schwankungen unterworfen ist. Besonders störend wird dies empfunden, wenn es sich um die Lichtverteilung in vom Tageslicht beleuchteten Räumen, etwa Schulzimmern, handelt.

Der vorgezeigte Apparat löst diese Aufgabe dadurch, dass die Messung der relativen Lichtverteilung von der absoluten Bestimmung der Helligkeit in Meterkerzen völlig getrennt ist.

Auf einem soliden Stativ sind zwei 1 m lange, nach allen Richtungen bewegliche Arme befestigt, welche zwei weisse Schirme tragen. Der eine dieser Schirme wird an eine solche Stelle gebracht, wo die Helligkeit möglichst gross ist. der andere weisse wird dann herumgeführt in an Gradteilungen ablesbarer Weise, und seine Helligkeit mit der des festgestellten Schirmes verglichen. Die photometrische Vergleichung geschieht dadurch, dass man durch ein Lummer-Brodhunsches Prisma in der einen Richtung durch ein Rauchglas und eine Spiegeleinrichtung den beweglichen Schirm sieht, in der anderen Richtung durch zwei Nicols nach dem festen Schirm sieht. Durch Drehung des einen Nicols wird die Helligkeit des festen Schirmes messbar herabgesetzt. Das Rauchglas auf der anderen Seite dient dazu, um den Lichtverlust in den Nicols zu kompensieren.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 14. Oktober 1901.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Lummer: Ich halte das Prinzip für sehr schön, weil man unabhängig von äusseren Schwankungen das Fortschreiten der Helligkeit bekommt. Ich wollte nur fragen, wie die Photometrie eingerichtet ist; das schien mir nicht durchsichtig genug.

Man sieht durch ein Lummer-Brodhunsches Prisma, so dass man in dem einen Teil des Gesichtsfeldes die Helligkeit der einen weissen Fläche, im andern Teil diejenige der anderen Fläche hat. Vermittelst des Nicols bringt man die grössere Helligkeit in messbarer Weise auf die geringere herab.

Lummer: Dann müssen die diffusen Flächen also recht gross sein, dass das Gesichtsfeld ausgefüllt ist.

Classen: Ja, die Flächen müssen so gross sein, dass man nicht daran vorbei sieht.

B. Walter (Hamburg), Über die Haga- und Windschen Beugungsversuche mit Röntgenstrahlen. [1])

Die älteren Versuche von Kümmel, Fomm, Precht u. a., durch welche eine Beugung der Röntgenstrahlen nachgewiesen sein sollte, können jetzt wohl endgültig als erledigt angesehen werden; und ich möchte daher nur noch daran erinnern, dass wohl der erste entschiedene Einspruch gegen diese Art von Beugungsversuchen in einer von Prof. Voller und mir gemeinschaftlich veröffentlichten Arbeit[2]) erhoben wurde. Die endgültige Widerlegung derselben verdanken wir allerdings erst Herrn C. H. Wind in Groningen, da dieser zuerst die richtige

1) Abteilung 2, 23. September 1901.

1) Abteilung 2, 24. September 1901.

2) A. Voller u. B. Walter, Wied. Ann. 61, 88, 1897.

Erklärung für die von jenen Beobachtern als Beugungsstreifen angesehenen Erscheinungen gab. Derselbe zeigte nämlich, dass wir es hierbei trotz der oft ganz frappanten Deutlichkeit jener Streifen doch nur mit einer optischen Täuschung zu thun haben[1]).

Schien somit die Frage nach der Beugung der Röntgenstrahlen vorläufig in negativem Sinne abgethan, so trat dieselbe alsbald in ein neues Stadium durch die Versuche, welche ebenfalls von Herrn Wind in Groningen in Verbindung mit Herrn Professor Haga daselbst unternommen wurden[2]), und durch welche nach Ansicht dieser Beobachter nun doch der positive Nachweis für die Möglichkeit einer Beugung unserer Strahlen erbracht sein sollte. Diese Versuche unterscheiden sich von den früheren dadurch, dass dabei sehr viel engere Spalte zur Verwendung kommen, eine Massnahme, die ja vom theoretischen Gesichtspunkte aus — mit Rücksicht auf die vermeintlich sehr kurze Wellenlänge der Röntgenstrahlen — gewiss als eine sehr richtige zu bezeichnen ist, die aber andererseits auch wieder die Schwierigkeiten der Beobachtung sowie auch die Zahl der möglichen Fehlerquellen in einem ganz ausserordentlich hohem Grade vermehrt.

Denn was z. B. den ersteren Punkt anbetrifft, so erfordert eine einzige derartige Haga- und Windsche Aufnahme einen Aufwand von X-Strahlung, der genügen würde, um etwa 500 bis 1000 Beckenaufnahmen zu machen, und mit Bezug auf den zweiten Punkt muss ich leider erwähnen, dass die zahlreichen und langwierigen Versuche, welche ich selbst in der ersten Hälfte d. J. im hiesigen Laboratorium nach der Groninger Methode ausgeführt habe, nach meiner Ansicht keinen Grund zu der Annahme liefern, dass eine Beugung der X-Strahlen in dem Masse, wie sie die genannten Beobachter annehmen, stattfindet.

Um Ihnen nun aber den Unterschied unserer beiderseitigen Beobachtungsresultate klar machen zu können, muss ich kurz daran erinnern, dass bei diesen Versuchen im wesentlichen nur zwei Spalte zur Verwendung kommen, von denen der erste, der sogenannte X-Spalt, der in nächster Nähe der Röhre aufgestellt wird, eine Höhe von 5—10 mm und eine überall gleiche Breite von etwa $^1/_{100}$ mm hat. Derselbe dient bekanntlich nur dazu, eine möglichst punkt- resp. strichförmige Strahlenquelle zu schaffen. Das durch ihn hindurchtretende ausserordentlich dünne Strahlenbündel fällt dann in etwa 75 cm Abstand auf den sogenannten „zweiten" oder „Beugungsspalt", welcher eine Länge von etwa 2 cm und einen Querschnitt von der Gestalt eines Keiles hat, dessen Breite oben etwa $^1/_{50}$ und unten etwa $^1/_{500}$ mm beträgt. In weiteren 75 cm Abstand davon ist dann die photographische Platte aufgestellt, die das in dieser Weise entworfene Bild des zweiten Spaltes auffängt.

Sollen diese Versuche genau sein, so muss man natürlich dafür sorgen, dass die drei hier in Frage kommenden Objekte, nämlich die beiden Spalte und die photographische Platte, sich während der ganzen Dauer der Aufnahme, die unter Umständen mehrere Tage währen kann, nicht gegeneinander verschieben. In Groningen befestigte man zu diesem Zwecke jeden dieser Gegenstände für sich an einem schweren Stative und setzte dann alle drei gemeinsam auf eine schwere Steinplatte. Bei meinen Versuchen dagegen habe ich, wie Sie sehen, die drei Objekte gemeinsam auf eine etwa 2 m lange und etwa 2 cm dicke Eisenstange mit quadratischem Querschnitt gesetzt und diese letztere dann mit Schraubzwingen an den Enden eines langen und soliden Eichentisches befestigt.

Dass diese letztere Aufstellungsart in Bezug auf Standfestigkeit derjenigen der Groninger Beobachter vorzuziehen ist, dürfte aus dem Vergleich der beiden hier nebeneinander aufgeklebten Spaltbilder hervorgehen, von denen das eine von Haga und Wind und das andere von mir herrührt, welche beide die 14malige Vergrösserung eines keilförmigen Spaltes von etwa 0,005 bis 0,01 mm Breite darstellen und auch beide nahezu bei derselben Entfernung zwischen Spalt und photographischer Platte aufgenommen wurden. Die näheren Ausmessungen der Bilder ergeben, dass das in Holland angefertigte im ganzen genommen etwa 3—4mal so breit ist, als es den geometrischen Verhältnissen nach hätte sein dürfen, eine Anomalie, die von den Beobachtern auf Erschütterungen zurückgeführt wird. Das von mir erhaltene dagegen zeigt in allen seinen Teilen ungefähr die von der Theorie geforderte Breite, soweit die Genauigkeit der Messungen eine Bestimmung derselben zulässt.

Zum Teil mag diese grössere Schärfe meiner Bilder auch daher rühren, dass ich die Dauer der Aufnahme, die in Groningen bis zu 200 Stunden betragen hatte, durch Benutzung grösserer elektrischer Energie und vor allem auch widerstandsfähigerer Röhren — zumeist Wasserkühlröhren — auf 4—6 Stunden heruntersetzen konnte, trotzdem die Breite meines ersten Spaltes nur ungefähr $^3/_4$ von derjenigen der holländischen Beobachter betrug. Der Induktor hatte eine maximale Schlagweite von etwa 60 cm und wurde ausschliesslich mit Wehnelt-Unterbrecher betrieben.

Um Ihnen ferner einen ungefähren Begriff

1) C. H. Wind, Kon. Akad. Amsterdam. Juni 24, 1898 u. Wied. Ann. 68, 884, 1899. Diese Zeitschrift, 1, 112, 1899.
2) H. Haga und C. H. Wind, Kon. Akad. Amsterdam. April 25, 1899 u. Wied. Ann. 68, 884, 1899.

von der bei einer solchen Aufnahme aufgewandten sekundären elektrischen Energie zu geben, teile ich mit, dass bei einer solchen sechsstündigen Aufnahme z. B. in jeder Sekunde im Mittel 130 Schläge jenes grossen Induktoriums, bei der ganzen Aufnahme also nahezu 3 Millionen Entladungen durch die Röhre gingen. Dabei wurden in dieser Zeit aus dem Antikathodengefässe der letzteren über $^{1}/_{2}$ Liter Wasser verkocht. Um daher das letztere nicht so oft erneuern zu müssen, habe ich mir für diese Versuche eigens Röhren mit besonders grossen Antikathodengefässen anfertigen lassen.

Die Röhre selbst befand sich während der ganzen Dauer der Aufnahme in dieser Bleikiste, die nach der Richtung der Spalte zu eine kleine, durch horizontale und vertikale Bleiblenden genau abzugrenzende Öffnung liess, nach hinten zu aber soweit als möglich mit bleiüberzogenen Holzbrettern abgedeckt war, um die Sekundärstrahlung der Röhre gleich von vornherein soweit als möglich abzufangen. Nichtsdestoweniger erwies es sich als nötig, auch noch den ganzen Raum zwischen der photographischen Platte und dem zweiten Spalte, sowie auch die erstere von hinten her durch Bleiplatten abzugrenzen, da sich erst dann vollständig saubere Bilder ergaben.

Von besonderer Wichtigkeit erschien es mir ferner, bei diesen Versuchen darauf zu achten, dass die Härte der Röhre möglichst während der ganzen Dauer der Aufnahme konstant blieb, was mir wenigstens nahezu durch Benutzung der neuen Müllerschen Röhren mit automatischer Reguliervorrichtung gelang, auf deren Beschreibung ich hier natürlich nicht näher eingehen kann. Die Anwendung einer Röhre mit konstanter Härte schien mir nämlich deswegen notwendig, weil doch nur unter diesen Umständen auf die möglichste Homogenität der Strahlung gerechnet werden konnte, eine Bedingung, von deren Erfüllung doch auch in der Optik die Deutlichkeit einer Beugungserscheinung in hohem Grade abhängt. Aus diesem Grunde habe ich mir an der Bleikiste, in der die Röhre sich befand, eine besondere Vorrichtung zum Kontrollieren der Härte der Röhre anbringen lassen und die im wesentlichen aus einer dicken Bleiplatte mit einer Reihe von Löchern bestand, auf welche verschieden dicke Platinbleche aufgekittet waren.

Auf die vielen Vorsichtsmassregeln, die man zur genauen Einstellung der Spalte anzuwenden hat, will ich hier nicht eingehen; trotz alledem zeigten nun aber meine Aufnahmen, wie ja auch die Ihnen herumgegebene, keine Andeutung von Beugung in dem Haga- und Windschen Sinne.

Ich teilte dieses Resultat den Herren mit, mit denen ich schon längere Zeit hindurch wegen dieser Versuche in Briefwechsel stand und die mir sogar in der freundschaftlichsten Weise dazu ihre Spalte zur Verfügung gestellt hatten. Hierdurch sah sich sodann Herr Wind veranlasst, persönlich nach hier zu kommen, um mir die in Groningen erhaltenen Originalnegative vorzulegen. Ich überzeugte mich dann allerdings, dass bei diesen Aufnahmen in dem Bilde des keilförmigen Spaltes thatsächlich gewisse Unregelmässigkeiten vorkommen, wie Sie sie ja auch wohl auf dem herumgereichten Bilde gesehen haben und die man vielleicht auf eine Beugung der Strahlung zurückführen konnte, wenn jede andere Möglichkeit der Erklärung fehlte. Auch liess ich mich auf Grund dieses Besuches herbei, meine Versuche noch einmal wieder aufzunehmen, ohne indessen auch diesmal zu anderen Resultaten als früher zu gelangen.

Ich bin daher schliesslich zu der Ansicht gekommen, dass die erwähnten kleinen Unregelmässigkeiten in den Groninger Aufnahmen auf photographische Ursachen zurückzuführen seien, und zwar entweder darauf, dass die Schicht der dabei benutzten Platten nicht überall die gleiche Empfindlichkeit hatte oder auch darauf, dass durch die äusserst lange fortgesetzte Entwicklung dieser Platten erst derartige Unregelmässigkeiten hervorgerufen wurden. Ich selbst habe nämlich meine Platten stets nur so lange entwickelt, bis in den nichtbelichteten Teilen derselben die erste Spur des Schleiers auftrat, ein Verfahren, welches ich zur Erzielung klarer und einwandfreier Bilder besonders auch in diesem Falle für notwendig halte. Man muss sich nämlich vergegenwärtigen, dass es sich hier um Unregelmässigkeiten handelt, die so geringfügiger Natur sind, dass man sie überhaupt nur bei Anwendung ganz besonderer Beobachtungsmethoden sieht.

Der hauptsächlichste Grund aber, warum ich auch heute noch diese meine Auffassung über die Haga- und Windschen Versuchsresultate aufrecht erhalten muss, ist der, dass diese Bilder auch noch andere Unregelmässigkeiten zeigen, welche sich von den von den Verfassern selbst in Anspruch genommenen nur durch ihre noch geringere Ausdehnung unterscheiden, welche aber eben aus diesem Grunde sicher nicht durch eine Beugung veranlasst sein können. Denn eine hierdurch hervorgerufene Verbreiterung des Spaltbildes muss sich in demselben doch mindestens auf eine Grösse hin ausdehnen, die ungefähr der Höhe der Strahlenquelle, d. h. dem Durchmesser des strahlenden Fleckes auf der Antikathode gleich ist, also zum mindesten auf 1—2 mm; man findet nun aber in den Haga- und Windschen Bildern auch Verbreiterungen, deren Länge nur ungefähr ein Zehntel des obigen Betrages ausmacht, wie Sie sich durch Betrachtung

der Ihnen hier unter dem Mikroskop ausgestellten Aufnahme überzeugen können.

Ist somit das Resultat aller dieser langwierigen Versuche mit Rücksicht auf den eigentlich dadurch erstrebten Zweck nach meinem Dafürhalten bis jetzt ein negatives, so habe ich nun doch für meinen Teil diese Versuche dazu benutzt, einerseits eine Methode zur möglichst genauen Messung der Härte einer Röntgenröhre auszuarbeiten, um dadurch womöglich auch auf diesem Gebiete zu einer allgemein brauchbaren Härteskala zu gelangen, und ferner zweitens auch dazu, diejenige Form des Wehnelt-Unterbrechers herauszufinden, welche sich für eine längere Benutzung als die haltbarste erweist.

Die Versuche in ersterer Hinsicht sind freilich bisher noch nicht ganz abgeschlossen, das zweite Problem dagegen glaube ich in der Ihnen hierher gestellten Form des Unterbrechers einigermassen gelöst zu haben; worauf ich hier indessen nicht näher eingehen kann.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 28. September 1901.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Haga (Groningen): Ich habe mit Vergnügen bemerkt, dass Herr Walter es als eine Thatsache hinstellt, dass wir Verbreiterungen des Spaltes beobachtet haben. Wir haben auch angefangen, unsere Versuche zu wiederholen, haben aber bisher damit Pech gehabt. Die letzte Aufnahme, die wir in voriger Woche machten, hat allerdings die Verbreiterung nicht gezeigt, ebenso wie die Aufnahmen, die hier in Hamburg gemacht sind. Das zeigt aber nur, meine ich, dass wir noch zu wenig von den X-Strahlen wissen. Unter einigen Umständen bekommt man die Verbreiterung, unter anderen nicht, wenn vielleicht die Strahlen andere sind. Herr Dr. Walter schiebt die von uns erhaltenen Verbreiterungen auf ungleichmässige Empfindlichkeit der Platte. Es ist doch aber sehr auffällig, dass gerade dort, wo die Verbreiterung wegen der Beugung zu erwarten ist, die Empfindlichkeit so unregelmässig sein soll. Dass die lange Entwicklung dem Bilde schaden könnte, leuchtet mir nicht ein. Wir haben Platten sehr lange entwickelt, sogenannte Standentwicklung gemacht; da zeigten sich zwar Schleier, aber keine Unregelmässigkeiten. Ich zweifle, ob die lange Entwicklung schadet, ich glaube vielmehr, man muss lange entwickeln; denn es handelt sich um sehr kleine Intensitäten, und wenn man sehr bald mit der Entwicklung aufhört, bekommt man nichts im Bilde. Das ist keine Hypothese, sondern stützt sich auch auf Versuche von Herrn Wind, über die er wohl noch selbst etwas sagen wird. Also ich gestehe, dass die Sache noch nicht ganz erledigt ist, aber ich sehe nicht ein, dass unsere Verbreiterung, die wir veröffentlicht haben, anders erklärt werden kann, als dadurch, die Beugung der X-Strahlen anzunehmen. Es mag sein, dass wir die X-Strahlen noch nicht genügend kennen, und gerade deshalb ist es vielleicht für Herrn Walter nicht günstig gewesen, dass er homogene Strahlung zu bekommen suchte. Wir haben bei 200 Stunden Exposition sicher nicht immer dieselben Strahlen gehabt, weil die Röhre nicht immer denselben Härtegrad hatte, und gerade dadurch haben wir wohl manchmal stundenlang etwas bekommen und manchmal stundenlang nichts.

Wind (Groningen): Was wir Herrn Walters Bedenken gegen unsere Versuchsmethode und unsere Deutung der erhaltenen Resultate entgegenhalten können, ist der Hauptsache nach schon von Herrn Haga beigebracht worden. Ich erlaube mir aber, in einigen Punkten noch etwas hinzuzufügen.

Ich möchte dabei eine Bemerkung in Bezug auf die Frage der Homogenität der Strahlung vorausschicken. Herr Walter sagt, sich bemüht zu haben, die Strahlen möglichst homogen zu machen, weil dies ja auch für die gewöhnlichen Beugungsversuche der Optik zweckmässig ist. Dass aber bei jedem einzelnen Versuch die Homogenität der Strahlung, in gewöhnlichem Sinne, durch den Gebrauch nur einer einzigen Röhre oder von Röhren, welche sich an Härte möglichst gleich sind, bedeutend erhöht wird, dürfte wohl durchaus illusorisch sein, weil wahrscheinlich sogar in der Strahlung einer einzigen unter möglichst gleichbleibenden Verhältnissen arbeitenden Röhre schon eine ausserordentlich lange Reihe von Wellenlängen mit unter sich vergleichbarer Intensität vertreten ist. Eine mässige Homogenität, in gewöhnlichem Sinne, könnte man ja auch nur erwarten, wenn es erlaubt wäre, die X-Strahlen aufzufassen als durch nicht stark gedämpfte Schwingungen bestimmter kleiner Systeme verursacht, was wohl nicht der Fall sein wird. Hat man hingegen als Ursache jener Strahlen die impulsartigen elektromagnetischen Störungen anzusehen, welche sich beim Anprall der Elektronen an der Antikathode ringsum in den Äther ausbreiten, so hat man — weil dieser Mechanismus an sich nichts Periodisches hat — auch in der Strahlung überhaupt nicht das Hervortreten eng begrenzter Wellenlängengebiete, sondern vielmehr eine kontinuierlich verlaufende Energiekurve zu erwarten.

Eine Art Beugungserscheinungen wird man aber allerdings auch bei der zuletzt erwähnten Auffassung voraussagen können, nämlich eine Verbreiterung im Bilde eines sich verjüngen-

den Spaltes an der Spitze. Dieses folgt aus Herrn Sommerfelds wie auch aus meinen eigenen theoretischen Betrachtungen, welche der vorigen Naturforscherversammlung in Aachen vorgelegt wurden.[1]) Und jene Verbreiterung wird schon bei grösserer oder erst bei kleinerer Breite des Spaltes merklich werden, je nachdem die mittlere Zeitdauer der Impulse länger oder kürzer ist.

Daneben kann auch eine Verbreiterung des Bildes in einiger Entfernung von der Spitze zumal vorkommen, aber nur in dem verhältnismässig günstigen Falle, dass die über die ganze Expositionszeit erstreckte mittlere Energiekurve der Strahlung bei irgend einer nicht zu geringen Wellenlänge zufälligerweise ein etwas stark ausgeprägtes Maximum aufweist; sogar können solche Verbreiterungen an verschiedenen Stellen auftreten, wenn sich in der Energiekurve mehrere solche Maxima vorfinden. Als solche nach der Theorie mögliche, aber nicht immer zu erwartende Verbreiterungen haben Herr Haga und ich die von uns erhaltenen gedeutet. Aber es ist einleuchtend, dass man es garnicht in der Hand hat, die zu diesen Verbreiterungen notwendigen Verhältnisse absichtlich hervorzurufen, da die Gestalt der mittleren Energiekurve für jede Röhre von vornherein unbekannt ist und voraussichtlich sogar bei angeblich gleichbleibenden Eigenschaften der Röhre bedeutende Schwankungen erleiden kann. Wenn es trotzdem nicht ausgeschlossen sein möge, dass man durch das Anstreben einer augenscheinlich möglichst konstanten Wirkungsweise der Röhren die Erscheinung der betreffenden lokalen Verbreiterungen im Bilde im günstigen Falle fördern kann, so ist es doch weit davon entfernt, dass man erwarten könnte, dass jene Verbreiterungen sich bei jedem Versuche in gleicher Weise, oder sogar überhaupt, wiederholen werden; vielmehr sollte man sich zufrieden geben, wenn einige Aufnahmen einer nicht allzugrossen Versuchsreihe die betreffende Erscheinung zeigen. Allerdings bleibt es angebracht, die Zahl der Versuche bedeutend weiter auszudehnen, um zu versuchen, eine mehr befriedigende Zahl von Dokumenten dieser Art einer Beugung der X-Strahlen herzuschaffen.

Anders steht es um die Verbreiterung des Bildes, welche beim Mangel der vorigen Erscheinung jedenfalls an der Spitze auftreten muss, wenn die X-Strahlen überhaupt elektromagnetischer Natur sind. Wahr ist es, dass wir eine solche noch nicht unzweideutig haben nachweisen können, ebensowenig wie Herr Walter, wenn wir denn auch, auf Grund unserer jüngsten Aufnahmen, eine weitere Fortsetzung

1) Vergl. diese Zeitschrift 2, 292, 1900.

unserer Versuche noch nicht für ganz aussichtslos halten. Soviel ist aber unseres Erachtens auch sicher, dass man sich alle Mühe geben muss, um auch die allerschwächsten Einwirkungen der Strahlung auf die photographische Platte zur Geltung kommen zu lassen und dass man dabei weder eine langdauernde Exposition noch eine lange fortgesetzte Entwickelung scheuen darf — wie Herr Walter für nötig hält —, wenn man nicht von vornherein verzichten will auf die Entdeckung etwaiger Verbreiterungen an der äussersten Spitze des Bildes. Ist doch die seitliche Ausdehnung des Bildes selbstverständlich begleitet von einer bedeutenden Intensitätsverringerung über der ganzen Breite. Ich gebe hier einen Abdruck von Fig. 3 auf



Fig. 1.



Fig. 2.

S. 266 des 2. Bandes der Physikalischen Zeitschrift herum[1]), wo die Intensitätsverhältnisse im Beugungsbilde eines sich verjüngenden Spaltes bei beliebiger homogener Strahlung zahlenmässig angegeben sind. Sie sehen daran, wie an den Stellen $v = 0{,}1$, wo die Verbreiterung des Bildes erst recht deutlich hervortreten kann, die Intensität nur noch $\pm \frac{1}{300}$ von der Maximalintensität beträgt, welche sich an der Stelle $v = 2$ vorfindet. Und dass solche Intensitätsunterschiede bei nicht genügender Exposition oder

1) Die Red. dieser Ztschr. war so liebenswürdig, zum richtigen Verständnis die betreffenden Figuren an dieser Stelle noch einmal zu reproduzieren.

Entwickelung ganz gut die wirklich vorhandene seitliche Ausdehnung des Bildes gänzlich verwischen können, scheint mir in durchaus überzeugender Weise hervorzugehen aus einer Vergleichung der am selbigen Orte abgedruckten Figuren 1 und 2 (hier als Fig. 1 und 2 wiederholt), welche beides Beugungsbilder eines sich verjüngenden Spaltes mit gewöhnlichem Lichte sind, unter ganz ähnlichen Verhältnissen negativen Ergebnisse der Versuche von Herrn Walter nur geschlossen werden kann, dass bei jenen Versuchen die Energiekurve der X-Strahlen ein Maximum nicht oberhalb einer gewissen Grenze besessen hat. Aber diese Versuche können unser positives Resultat nicht widerlegen, und es ist immer noch zu hoffen, dass bei längerer Entwickelungszeit sich auch weitere Beugungserscheinungen ergeben werden.

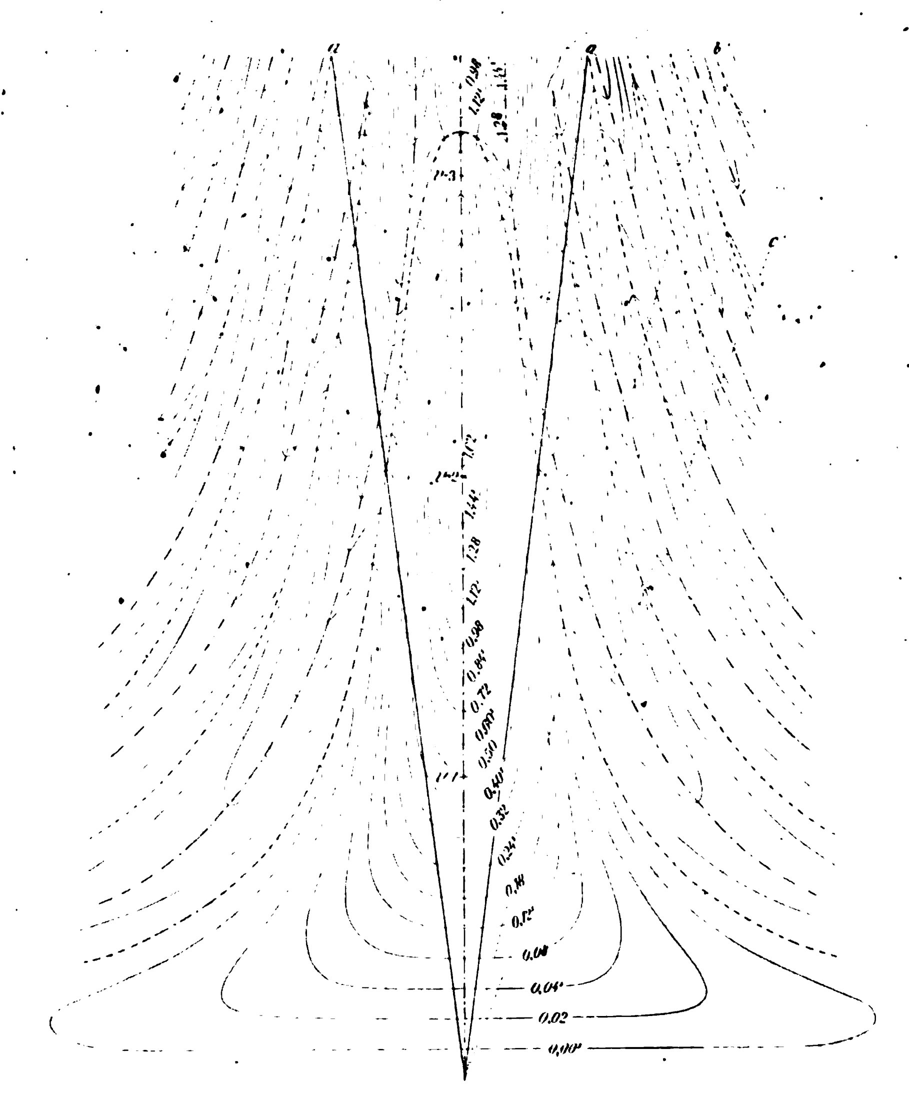


Fig. 3.

aufgenommen, wobei aber das eine Bild (Fig. 1) kurz, das andere (Fig. 2) lange belichtet und entwickelt wurde. Bei diesen beiden Aufnahmen war sogar auf dem weissen Schirme eine sich noch viel weiter seitlich erstreckende Beleuchtung an der Spitze des Bildes wahrzunehmen, welche es der schwachen Intensität wegen nicht gelungen ist, photographisch zu reproduzieren. Alles zusammengenommen glaube ich also mit Herrn Haga, dass aus dem Die Versuche müssen daher jedenfalls weiter fortgesetzt werden.

Walter: Gegen die Bemerkungen des Herrn Haga habe ich hauptsächlich das zu erwidern, dass sich bei jeder photographischen Aufnahme die lange Entwicklung der Platte durch eine entsprechende Verlängerung der Exposition mit kürzerer Entwicklung ersetzen lässt, und so lange die Herren die Verbreiterungen in der Mitte ihrer Spaltbilder nicht auf diese Weise

erreicht haben, glaube ich daher meine Zweifel gegen die Beweiskraft derselben aufrecht erhalten zu müssen. Herrn Wind gegenüber habe ich ferner zunächst darauf hinzuweisen, dass sich in dem, was er über meine Bemühungen, die Strahlung der Röhre homogen zu machen, sagte, ein gewisser Widerspruch befindet, insofern er anfangs diese Bemühungen für durchaus illusorisch erklärt, zum Schlusse aber doch die Möglichkeit, auf diese Weise das Entstehen lokaler Verbreiterungen in dem Spaltbilde zu begünstigen, nicht ganz von der Hand weisen kann. Was derselbe sodann über die an der Spitze des Beugungsbildes eines keilförmigen Spaltes auftretende allgemeine Verbreiterung sagte, ist ganz in meinem Sinne gesprochen, und glaube ich deshalb in dieser Beziehung nur noch einmal darauf hinweisen zu müssen, dass Herr Wind selbst zugiebt, dass diese Verbreiterung weder durch die Groninger noch durch meine Versuche mit Sicherheit nachgewiesen ist. Meines Erachtens wäre es aber gerade nach den Anschauungen des Herrn Wind die nächstliegende Aufgabe desselben, vor allem diese allgemeine, nach der Spitze zu immer grösser werdende Verbreiterung des Bildes nachzuweisen, d. h. also mit Röntgenstrahlen etwa ein Bild zu erhalten, wie er es in seiner Fig. 2, Bd. 2, S. 265 der Physik. Zeitschrift (in der Fig. 2 hierselbst reproduziert) mit Lichtstrahlen erzielt hat, wobei ich natürlich von den Maximis und Minimis darin absehe. Zur Erreichung eines solchen Bildes würde auch ich eine lange Entwicklung der Platte für durchaus nicht unstatthaft halten.

Aschkinass (Berlin): Waren bei diesen Versuchen die Beugungsspalte auch an den inneren Rändern zugeschärft?

Walter: Nein, diese sind von vorne nach hinten zu überall gleichbreit.

Aschkinass: Sind da nicht Störungen zu befürchten von den sekundären X-Strahlen, die an den Rändern entstehen?

Walter: Diese würden dazu wohl zu schwach sein.

Haga: Zur Ausmessung des zweiten Spaltes wird eine Platte so dicht als möglich hinter diesem Spalt aufgestellt; unter diesen Bedingungen sieht man nur ein scharfes Bild. Während dann gerade die sekundären Strahlen am stärksten sein müssten.

F. Braun (Strassburg), Über drahtlose Telegraphie. [1])

Die Schaltungsweise Marconis ist Ihnen bekannt. Er verwendete entweder einen Righi-Oszillator, dessen eine Kugel mit dem vertikal geführten isolierten Senderdraht verbunden war, während die andere Kugel an der Erde lag; oder er liess später direkt vom unteren Ende des geladenen Senders den Funken zu einem Erddraht überspringen. Während man bei Anwendung des Righi-Oszillators über den elektrischen Anfangszustand des Senderdrahtes in Zweifel sein kann, wird man bei der zweiten Anordnung unbedenklich annehmen können, dass zunächst der ganze isolierte Leiter auf konstantes Potential geladen wird, wie dies Kontrollversuche unter Anwendung einer Influenzmaschine statt eines Induktors als Ladungsapparat auch bestätigten. Es handelt sich dann also um einen Hertzschen Oszillator von grossen Dimensionen. Wenn nun bei der Entladung auch unzweifelhaft Oszillationen entstehen, so kommt es doch infolge der starken Dämpfung nicht zur Bildung einer gut ausgesprochenen Welle auf dem Drahte.

Ich will den Versuch statt der Erwägung sprechen lassen. Ein wesentlich horizontal geführter isolierter Draht von 15 m Länge (Fig. 1) endet

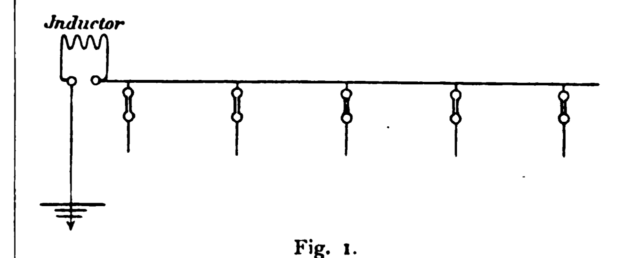


Fig. 1.

am einen Ende in die Kugel eines Funkenmikrometers von etwa 3 cm Durchmesser, welchem eine gleiche zur Erde geführte gegenübersteht. Der Draht wird vom Induktor aus geladen, er repräsentiert den Marconisender und die Aufgabe ist, die Verteilung der Spannungen, wie sie bei dem Entladungsvorgang, d. h. bei der supponierten Wellenbildung auf dem Drahte entstehen, messbar oder sichtbar zu machen. Nach den Bedingungen des Versuchs kann dies nicht direkt geschehen; es sind daher fünf gleiche Geisslersche Röhren, in deren unteren Ösen isoliert endende Drahtstücke von etwa einem halben Meter Länge eingehängt sind, über den Draht verteilt. Beim Spiel des Induktors leuchten die Röhren auf, aber das Auge vermag keinen Unterschied in der Helligkeit zu erkennen, mag die Röhre sich da befinden, wo wir einen Spannungsbauch oder da, wo wir einen Spannungsknoten erwarten sollten.

Das gleiche Resultat ergiebt sich, wenn der Versuch (was hier nicht gut möglich war) unter reineren Bedingungen angestellt wird, indem man den Draht langsam mit der Influenzmaschine ladet. Der Ladungsvorgang bewirkt dann nur eine sehr schwache Lichtentwickelung in den Röhren, erst bei der Entladung leuchten

1) Abteilung 3, 24. September 1901.

die Röhren stark auf, aber auch hier alle gleichhell. —

Die Erdung des Marconisenders ist wichtig. Erst durch Auffindung dieses Mittels hat Marconi weite Entfernungen erreicht. Über die Rolle, welche der Erdung zukommt, ist viel diskutiert worden, und wenn man heute noch derselben einen spezifischen Einfluss auf die Vorgänge zuschreiben will, so kann man diese Behauptung meiner Ansicht nach nicht ohne weiteres von der Hand weisen. Dadurch wird die theoretische Deutung erschwert.

Aber es liegt auch ein praktischer Übelstand darin. Man ist häufig nicht in der Lage, eine vollkommene Erdung vorzunehmen, sondern es steht einem auf trockenem Terrain nur ein fast isolierendes Dielektrikum zur Verfügung. Endlich ist Erdung ein schlecht definierter Begriff.

Ich wende mich nun zu den eigenen Anordnungen. Die Forderungen, welche zu stellen sind, lassen sich mit wenig Worten angeben: Der Sender muss starke, reine, ungedämpfte Schwingungen geben. Der Empfänger soll aus den Wellen, welche ihn treffen, möglichst nur die für ihn bestimmten herausnehmen, auf diese aber möglichst intensiv ansprechen. Mit diesen Forderungen wollen wir uns begnügen; von weiteren, sehr wichtigen, welche eigentlich erfüllt werden sollten (wie keine Streuung der Energie), sei hier abgesehen.

Zur Zeit, als ich anfing, mich der Sache zuzuwenden, konnten dauernde Oszillationen hoher Frequenz, deren Herstellung jetzt durch die auch vom Vorredner[1]) berührten Beobachtungen am Flammenbogen in das Bereich der Möglichkeit gerückt ist, überhaupt nicht erreicht werden. Man war auf die beste Annäherung angewiesen, welche sich so aussprechen lässt: Möglichst grosse elektrische Energie gewissermassen in einem Reservoir anzusammeln und mit ihr den Sender zu speisen, so dass in dem Masse, wie er Energie in den Raum ausstrahlt, ihm solche nachgeliefert wird; Aufnahme- und Abgabefähigkeit des Senders muss dabei selber wieder ein Optimum sein; er soll also möglichst stark und möglichst lange Energie ausstrahlen.

Dies wurde erreicht, indem man in einem möglichst geschlossenen, aus Kondensatoren und Selbstinduktion hergestellten Schwingungskreise elektrische Oszillationen erzeugte und mit diesen den Senderkreis erregte. Die Übertragung auf den Sender ist in zwei verschiedenen Arten möglich: entweder durch induktive Erregung oder durch die sog. direkte Schaltung — oder endlich durch die Kombination beider Mittel.

Bei der induktiven Erregung verfährt man ähnlich wie bei einem Blondlotschen Erreger oder bei einem Teslatransformator. Ich will hier auf dieselbe nicht ausführlich eingehen, sondern nur bemerken, dass es sich dabei nicht um die gewöhnlichen, wohlbekannten Gesetze des technischen Transformators (für praktisch unendlich lange Wellen) handelt, sondern um Resonanzerscheinungen. Es macht z. B. einen grossen Unterschied, ob Sie den „Transformator" kurz schliessen oder zu einem System führen, welches selber wieder Schwingungen vollzieht. Sender mitsamt der Sekundärspule stellt ein System dar; dessen Schwingungszahl muss zu der Schwingungszahl des erregenden (im allgemeinen durch die Rückwirkung modifizierten) Systems in bestimmten Beziehungen stehen. Die Stärke der Koppelung bedingt, wie aus den Untersuchungen von Geitler und den allgemeineren von M. Wien bekannt ist, Intensität und Reinheit der Resonanzwelle. Im einfachsten Falle stellt der Sender eine reine halbe Welle dar. Erdung ist hierbei absolut nicht nötig (aber natürlich bei passender Längenänderung herstellbar). Man hat also, soweit überhaupt möglich, die Wirkung auf das Dielektrikum beschränkt.

Die zweite, die von mir als direkte Erregung bezeichnete, will ich hier etwas näher verfolgen. An einen Schwingungskreis, welcher aus einem Kondensator (Fig. 2) oder den beiden

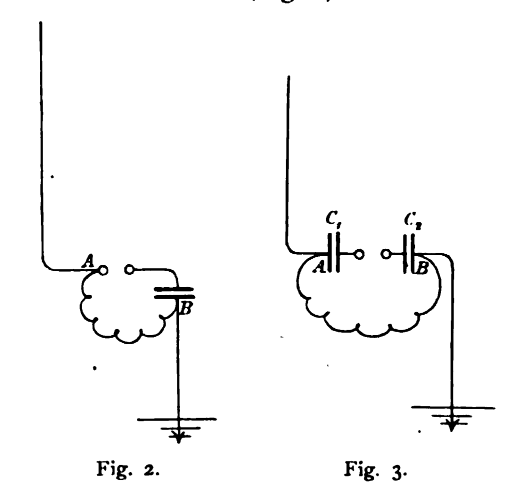


Fig. 2. Fig. 3.

Kondensatoren C_1 und C_2 und dem beide verbindenden metallischen Schliessungsbogen (der Selbstinduktion) AB besteht (Fig. 3), wird einerseits, etwa bei A der Sender angelegt. Gute Resultate erzielte man anfangs nur, wenn ein anderer Punkt, etwa B (Fig. 2 und 3) an Erde gelegt wurde, was nach dem Vorgange Marconis nahe lag. Es ist dies aber nicht nötig; man kann den zu erfüllenden Bedingungen auch in anderer Weise genügen und diese werden einfacher und klarer, wenn man an B einen dem Drahte AA_1 elektrisch gleichwertigen, z. B. gleichlangen Draht BB_1 anlegt (Fig. 4).

Nun verhält sich, akustisch gesprochen, der

1) H. Th. Simon, Tönende Flammen u. Flammentelephonie.

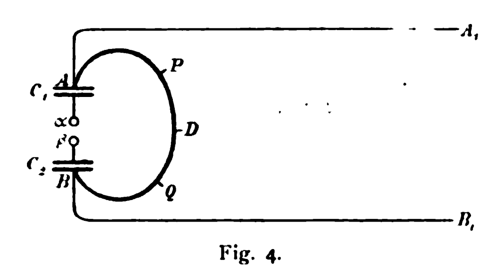


Fig. 4.

Draht AA_1 so, als ob man einen am Ende A_1 freien Stab am anderen Ende A periodisch bewegte. Man kann ihm Schwingungen aufzwingen; diese werden am stärksten, wenn einer Resonanzbedingung genügt ist. Dann wird A ein relativer Knoten, A_1 ein Schwingungsbauch, es bildet sich im einfachsten Falle eine stehende Viertelwelle.

Es lässt sich hier experimentell leicht zeigen, dass 1. reine Wellen da sind und 2. dass diese nur allmählich, d. h. durch Resonanz zu ihrer endlichen Höhe anschwellen. Dazu giebt es verschiedene Wege: Um mich kurz zu fassen, führe ich nur einen Beweis an. Man legt an A (Fig. 5) eine Drahtlänge gleich einer Viertelwellenlänge, an B die dreifache. Fährt man die letztere mit einem genäherten Leiter ab, so erhält man bei B kleine Fünkchen aus dem Drahte, dort liegt ein relativer Knoten; dieselben steigen, erreichen bei B_1 ein Maximum, fallen wieder, werden in B_2 fast gleich Null, um in B_3 wieder zum Maximum anzusteigen. Aus A_1 und B_3 lassen sich in dieser Weise Funken, sagen wir von 40 mm Länge, ziehen; nähert man aber A_1 und B_3 einander, so geben sie gegeneinander fast gar keine Funken. Wären die auf den Drähten beobachteten Spannungen die Folge eines ersten Impulses, so würde dieser in A_1 früher ankommen als in B_3 und es müssten Funken daselbst überschlagen. Der Versuch beweist also, dass die Ladungen erst allmählich und an beiden Enden nahezu in gleicher Weise ansteigen.

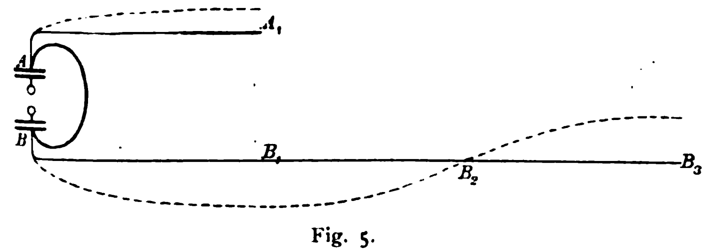


Fig. 5.

Ich will Ihnen hier den Beweis in anderer Art führen. Ich gehe auf meine Aufstellung (Fig. 1) zurück. Von den beiden Drähten AA_1 und BB_1, deren Länge zum Schwingungskreise passend gewählt ist, ist der eine der früher als Marconisender benutzte; an ihm hängen noch die dort verwendeten evakuierten Röhren. Errege ich nun im Flaschenkreise Schwingungen, so leuchtet die in der Nähe von A befindliche Röhre fast gar nicht, die folgende stärker und so fort, die letzte, vor A_1 befindliche, sendet ein so helles Licht aus. dass es dem Auge fast weiss erscheint. Dieser Versuch zeigt, dass wir es mit einer stehenden Welle zu thun haben.

Ich will Ihnen nun 2. zeigen. dass im Drahte Spannungen entstehen, welche grösser sind als die erregenden. Die Potentialdifferenz der Punkte A und B kann höchstens gleich derjenigen zwischen den Funkenkugeln α und β sein, in meinem Falle etwa 5 mm. Führe ich dagegen die Enden A_1 und B_1 den Kugeln eines Funkenmikrometers zu, so schlagen dort Funken von über 20 mm, unter besseren Isolationsbedingungen, als ich sie hier realisiert habe, von nahezu 40 mm über.

Ich will 3. beweisen, dass dies Resonanzschwingungen sind und zwar dadurch beweisen, dass ich Ihnen zeige, welchen enormen Einfluss die Dämpfung der Erregerschwingungen auf die Erscheinung hat. Zu dem Ende unterbreche ich den 8 mm dicken Schliessungsbogen an der Stelle D, schalte dort auf einer Länge von 5 mm das Metall aus und ersetze es durch einen mit gesättigter Kochsalzlösung getränkten Filzlappen. Die Funkenstrecke A_1B_1 geht dadurch auf etwa den halben Wert zurück. Ich nehme eine verdünntere Salzlösung, der Funke fällt noch mehr. Die Entladung bleibt dabei oszillatorisch. Dies verrät für Auge und Ohr der Charakter des Funkens — und ein quantitativer Anhalt ergiebt sich aus der Bemerkung, dass ich einen Widerstand von nur 5 Ohm einfügte, während der Widerstand des Kreises, bei welchem die oszillierende Entladung aufhört, sich zu 700 bis 800 Ohm berechnet.

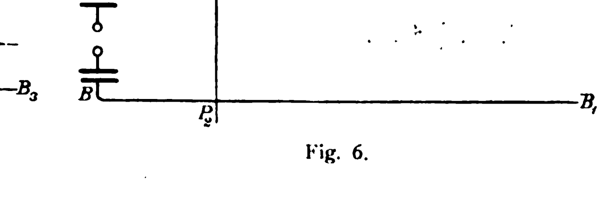


Fig. 6.

Nimmt man, statt von A und B, von anderen Punkten z. B. P und Q ab, so werden die Wellen auf den Drähten schwächer. In dieser Weise lässt sich die Methode benutzen, die Spannungsverteilung auf dem Primärkreise zu untersuchen, den Spannungsabfall insbesondere in der Funkenstrecke, es lassen sich damit Widerstände für schnelle Schwingungen, Selbstinduktionen vergleichen etc. Die Methode lässt sich offenbar auch elektrometrisch (mit Bjerknesschem Elek-

trometer) zu grösserer Feinheit ausbilden. Die Lecherschen Versuche müssten sich in glänzender Weise damit zeigen lassen[1]). Bemerken will ich nur, dass die Wellen sich um so besser ausbilden, je weiter die Drähte voneinander[2]) entfernt sind.

Dass bei Drähten, welche in Marconischer Weise erregt werden, keine Welle im Sinne der eben besprochenen Versuche sich ausbildet, ergiebt sich aus dem folgenden Analogieversuch (Fig. 7). Lässt man zwischen den Kugeln AB

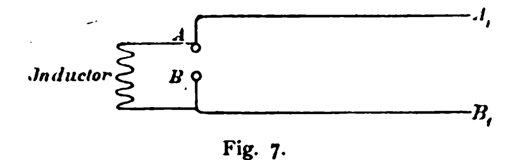


Fig. 7.

Funken überspringen und erregt somit auf den Drähten AA_1 und BB_1 Oszillationen, so lässt sich zwischen den zu Kugeln geführten Enden A_1 und B_1 keine mit Sicherheit nachweisbare grössere Funkenlänge als zwischen A und B konstatieren.

Ich gehe nun zum Empfänger. Seine Aufgabe: möglichst intensiv und möglichst nur auf eine Schwingung anzusprechen, kann auch er nur erfüllen, wenn der Sender reine, schwach gedämpfte Wellen ausgiebt. Nur dann ist, wie bekannt, scharfe Resonanz möglich. Wieweit man bei günstigen Anordnungen mit den hier erzeugten Wellen bezüglich Stärke und Schärfe der Resonanz kommen kann, soll an einem weiteren Versuch erläutert werden.

Ich verbinde einen Punkt A des Geberkreises I (Fig. 8) mit einem „Resonanzflaschenkreis" II

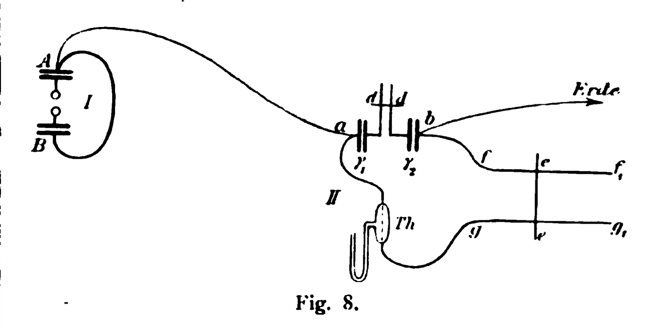


Fig. 8.

durch den Draht Aa; von b führt ein Draht weiter zur Erde. Der Resonanzflaschenkreis ist gebildet aus zwei Kondensatoren γ_1 und γ_2; die äusseren Belegungen sind durch einen metallischen Schliessungsbogen verbunden, welcher das Riesssche Thermometer Th enthält; die Selbstinduktion des Schliessungsbogens ist veränderlich; dies wird erreicht durch die Gleitschienen ff_1 und gg_1, auf welchen der Draht ee verschiebbar aufliegt. Endlich führen die inneren Belegungen der Kondensatoren zu zwei Drähten, welche durch den Querdraht dd verbunden werden können.

Werden im Kreise I Schwingungen erregt, so pflanzen sich Potentialschwankungen durch den Draht Aa zum Resonanzflaschenkreis und über denselben zur Erde fort.[1]) Ich nehme die Brücke dd weg; die Kondensatoren wirken dann praktisch noch nicht und ich messe durch das Thermometer in relativem Masse die zur Erdleitung wandernde Energie. Das Thermometer zeigt einen Ausschlag von 1 cm. Ich schliesse jetzt den Resonanzflaschenkreis, indem ich bei dd überbrücke; sofort steigt das Thermometer auf den rund 20fachen Betrag. Der Draht ee befand sich an der Stelle günstigster Wirkung; schiebe ich denselben nach rechts oder nach links, d. h. vergrössere oder verkleinere ich die Selbstinduktion und damit die eigene Schwingungsdauer des Resonanzkreises, so fällt das Thermometer sofort sehr erheblich. Die Schärfe der Resonanz ist durchaus vergleichbar mit der in akustischen Versuchen erzielbaren.

Ich will jetzt die erregenden Schwingungen stärker dämpfen. Ich ersetze einen Teil des Schliessungsbogens des Kreises I durch 2 Ohm Kupfervitriollösung — (der Grenzwiderstand des Kreises ist 1000 Ohm) — das Thermometer zeigt fast keine Resonanzwirkung mehr an.

Gegen die Beweiskraft dieser Versuche lässt

1) Diese Anordnung ist wohl richtiger so aufzufassen: Durch Auflegen und Verschieben der Brücke P_1P_2 (Fig. 6) sucht man nicht eine auf den offenen Drähten AA_1 und BB_1 schon vorhandene Knotenstelle auf, vielmehr bringt man im Kreise AP_1P_2B dadurch eine Schwingung hervor, welche zu den Strecken P_1A_1 und P_2A_2 in dem Verhältnisse steht, dass $P_1A_1 = \frac{\lambda}{4}$ oder $3\frac{\lambda}{4}$ etc. ist. Im Flaschenkreise AP_1P_2B bildet sich eine Schwingung aus, welche ich eine geschlossene nennen will; sie ist dadurch charakterisiert, dass in ihr die Stromstärke nur eine Funktion der Zeit, keine des Ortes ist und auf welche daher die Thomsonsche Gleichung anwendbar ist. In einem solchen Schwingungskreise kann man daher nicht von Knoten, sondern nur von „Indifferenzpunkten" des Potentiales reden. Bei der üblichen Lecherschen Anordnung erregt man daher die Drähte in ungünstiger Weise; man sollte von A und B, nicht von P_1 und P_2 abgehen.

Wenn man im Lecherschen System bisher an den Bäuchen meines Wissens niemals auch nur die Potentialamplituden erhalten hat, welche der primären Schlagweite gleichwertig sind, so kommen hier drei Umstände zusammen: 1. dass man von den ungünstigen Punkten P_1 und P_2 ausging; 2. dass man die Entfernung der Drähte zu klein nahm und 3. dass die ursprüngliche Schwingung zu stark gedämpft war.

Der „geschlossenen" Schwingung fehlt, soweit ich sehe, eine analoge Anordnung in der Akustik, vom bekannten hydrodynamischen Analogon abgesehen. Schematisch würde ihr ein um eine ideale Achse rotierender Punkt entsprechen.

2) Die Felder beider Drähte sollen sich möglichst nicht beeinflussen. Der Kirchhoffsche Ansatz liefert dann einfache Gleichungen. Die Endspannungen lassen sich durch Abstandsänderungen vom Zweifachen auf das Achtfache der erregenden bringen.

1) Diese Anordnung ist der experimentellen Einfachheit halber gewählt, sie ist aber weder die theoretisch einfachste, noch die praktisch ausgiebigste.

sich ein gewichtiges Bedenken erheben. Ändere ich nicht durch Anschalten eines mit dem Kreise I unisono schwingenden Kreises II die ganzen Verhältnisse? Kann nicht der zweite Kreis gewissermassen Energie aus dem ersten ansaugen? Wäre das letztere der Fall, so müsste ein in den Verbindungsdraht *Aa* der beiden Systeme eingeschaltetes Thermometer grösseren Ausschlag zeigen, wenn der Kreis II auf Resonanz gestellt wird. Der Versuch zeigt das Gegenteil. Die Theorie, soweit sie durchführbar ist, ergiebt, dass für Resonanzstellung die Stromstärke im Verbindungsdrahte sich auf Null reduzieren sollte. Dieses Resultat, welches wohl immer nur eine Forderung der Theorie sein wird, habe ich allerdings nicht erreicht. Aber doch fiel ein in *Aa* eingefügtes (empfindlicheres) Thermometer vom Werte 110, den es bei direkter Erdleitung zeigte, auf 40, wenn der Resonanzflaschenkreis eingefügt war. Wir können daher sagen: der Resonanzflaschenkreis speichert die Energie auf, er lokalisiert dieselbe.

Der akustische Analogieversuch lässt sich mit abgestimmten Luftsäulen und Königschen Manometerflammen objektiv zeigen; ich habe ihn gelegentlich eines Vortrages im letzten Winter vorgeführt.

Es ist auf diese Weise die Aufgabe gelöst, dass der Empfänger möglichst nur von einer bestimmten Schwingung affiziert wird und diese besonders stark aufnimmt. Die angesammelte Energie muss nun je nach der Natur des Empfangsapparates eventuell umgestaltet und für denselben verwendet werden. Es ist ferner auch offenbar, dass man durch das Ansammeln der Schwingung in einem Kreise andere Orte des Empfängers, wo man sie nicht haben möchte, davor schützen kann. In dieser Weise lässt sich der Vorgang gleichzeitig verwerten, um vor nicht gewünschten Störungen sich zu verwahren.

Ich habe hier nur in grossen Zügen ein Bild entwerfen können. Es wäre noch vieles hinzuzufügen über die Möglichkeiten, die Senderwirkungen zu steigern durch Kombination der geschilderten Anordnungen, durch weitere Ausnutzung des Senderdrahtes, indem man eine grössere Anzahl von Halbwellen darauf erzeugt, durch gleichzeitige, ungleichmässige • räumliche Verteilung der ausgestrahlten Energie. Doch fürchte ich, damit meine Zeit zu überschreiten. Fasst man das hier Vorgetragene zusammen, so handelt es sich noch um den Ausbau nach im wesentlichen bekannten Gesetzen: Kompromissen z. B. zwischen Selbstinduktion einerseits, Kapazität andererseits, je nachdem man maximale Stromintensitäten oder nur hohe und schwachgedämpfte Potentialamplituden wünscht, Kompromissen zwischen der Grösse der zur Verfügung stehenden Gesamtenergie und der Dämpfung, zwischen Koppelung, Reinheit und Stärke der Schwingungen. Für alle diese, sich meist gegenseitig ausschliessenden Grössen liefert teilweise die Rechnung den Anhalt, und wo die experimentelle Ermittelung einzugreifen hat, liegen jetzt — wesentlich unter Anwendung der hier vorgeführten Hilfsmittel — Methoden vor, welche teils schon direkt verwendbar sind, teils für diesen Zweck noch leicht umgestaltet werden können.

Sieht man von solchen Details ab und überblickt nur das grosse Ganze, so muss man eigentlich sagen — und Sie selber werden den gleichen Eindruck haben —: es ist jetzt alles selbstverständlich. Einiges verstehe ich freilich noch nicht, ich hoffe aber, dass auch dies bald bis zur Selbstverständlichkeit herabsinkt.

Worin liegen dann aber die Schwierigkeiten? Ich finde, für den Physiker sind es wesentlich zwei. Die erste ist die Undefiniertheit des Kohärers? Wie verhält er sich? Stellt er eine grosse Kapazität dar? oder eine, welche bisweilen klein ist, aber durch Annäherung der Körnchen aneinander enorm steigen kann, oder repräsentiert er einen grossen Widerstand, welcher jede Resonanz unmöglich macht, während er doch als grosse Kapazität die freie Welle nicht schädigen würde? Verhält er sich, je nach seiner momentanen Beschaffenheit, bald so, bald anders? Wo sind die unzweifelhaft vorhandenen Übergänge?

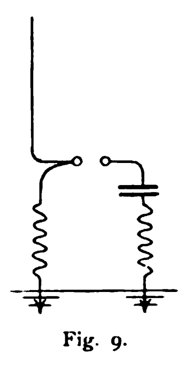
Die andere Schwierigkeit liegt darin, sich die Versuchsbedingungen innerhalb des Laboratoriums herzustellen. Das ist, soweit ich sehen kann, nicht möglich. Man ist daher in letzter Instanz immer wieder auf den Versuch im grossen Laboratorium der Natur angewiesen, wodurch die Thätigkeit des nach Zeit und Ort an sein Institut gebundenen Physikers natürlich sehr beschränkt wird. —

Lassen Sie mich noch mit ein paar Worten auf die praktischen Versuche eingehen. Ich habe sie in Strassburg im Sommer 1898 begonnen; im Frühjahr 1899 wurden sie hierher an die Elbmündung verlegt. (Es folgt ein Dank an die Hamburger Behörden.) Seit Ostern dieses Jahres haben Siemens & Halske die Versuche weiter geführt. Besonders ist es den Versuchen von Dr. Köpsel zu danken, dass wir jetzt zu sicheren und viel versprechenden Resultaten gelangt sind. Einiges will ich erwähnen. Das Feuerschiff Elbe 1 liegt von Cuxhaven in einer Entfernung von 34 km. Der Lotsendienst dieses Feuerschiffs Elbe 1 wird jetzt durch drahtlose Telegraphie erledigt; das heisst folgendes: Die dem Leuchtschiff benachbarte Lotsengaleote hat eine Anzahl Lotsen, die gehen auf Kreuzer oder Schooner und warten die Dampfer ab. Der Kommandeur in Cuxhaven weiss nicht, wie viele unterwegs sind und ob neue hinauskommen sollen. Alles dies wird vom Leuchtschiff aus drahtlos herüber und hinüber vermittelt.

Neulich fuhr ein Segelschiff in der Nähe des Feuerschiffs auf; der Vorfall wurde auch auf diesem Wege gemeldet. Kürzlich kam folgende Depesche nach Cuxhaven, die wir in Helgoland, wo ich mich gerade befand, gleichzeitig erfuhren: An das Amtsgericht Cuxhaven. Matrose Becker Vorladung soeben erhalten; kann nicht so rasch ans Land kommen. Nietmann, Kapitän. Es waren vor einiger Zeit Herren von der Post in Cuxhaven, um die Verständigung zu sehen. Es wurde, als ich gerade auf die Helgoländer Station kam, von Cuxhaven angefragt: Ist Professor Braun da? Ich liess antworten: Jawohl, soeben gekommen. Es entspann sich nun folgendes Gespräch: C. Gruss von S. H. Prosit. Braun. C. Gruss auch von K. unbekannterweise. H. Danke unbekannterweise. C. Geben Sie uns ein Telegramm von fünfzehn bis fünfundzwanzig Worten. H. (fingiert ein Fest im Cuxhavener Hotel Dölle und sendet): Zum heutigen Feste Der Wünsche beste. Trinkt nicht zu viel bei Dölle, sonst werdet Ihr völle. — Es wurden dann lange und höchst moderne Gedichte herübergesendet.

Es ergab sich eine Telegraphiergeschwindigkeit, die ungefähr halb so gross ist wie bei einem geübten Morsetelegraphisten. Die schärfste Probe war die folgende: Es wurden von Helgoland aus eine Anzahl Buchstaben ganz ohne Sinn, einfachere und kompliziertere Zeichen, telegraphiert; diese wurden zurückgegeben und kamen tadelfrei zurück. Wir können also behaupten: 65 km sind von Helgoland nach Cuxhaven. Es würden demnach auf eine Entfernung von 130 km sich Schiffe schon anmelden können nach Cuxhaven. Das würde einer Fahrzeit von vier bis zehn Stunden entsprechen. Die Masthöhen waren anfangs 40 m, sie wurden gelegentlich schon auf 32 m reduziert, und man wird wohl noch weiter herabgehen können. Als im Laufe des Sommers Kriegsschiffe auf der Helgoländer Rhede lagen, hat sich auch gezeigt, dass eine Abstimmung erfolgt ist. Aus eigener Erfahrung kann ich über diese Beobachtungen nicht berichten. Köpsel hat noch einen Hörapparat konstruiert, der etwa die zweieinhalb- bis dreifache Tragweite eines Schreibapparates giebt. Wenn sich diese Proportionalität auch auf grössere Entfernungen fortsetzt, so würde man heute schon Hamburg mit Helgoland überbrücken, und Grüsse übermitteln können, wenn auch der Draht gebrochen ist.

Ich darf schliesslich noch eines bemerken. Dass die hier geschilderten Sendermethoden Vorteile bieten, ist objektiv dadurch anerkannt, dass diejenigen, die sich mit ähnlichen Versuchen beschäftigen, mehr oder weniger zu dem gleichen Sender übergegangen sind. Slaby hat bei seinem letzten Vortrag in Kiel, in Sommer dieses Jahres, die folgende Anordnung angegeben: Kondensator, Spule, Sender und Senderkreis, zweimal an Erde (Fig. 9). Das scheint mir doch, abgesehen von einer Änderung, welche eine schlechtere Definition herbeiführt, die Anordnung von Fig. 2 oder 3 zu sein. Dagegen hat Marconi mit anerkennenswerter Offenheit ausgesprochen, dass die seit Jahresfrist von ihm erreichten und Ihnen aus Zeitungsberichten bekannt gewordenen Resultate nur erreicht wurden unter Benutzung meiner oben erwähnten induktiven Erregung.


Fig. 9.

(Nach einem Stenogramm von B. Borchardt vom Vortragenden bearbeitet.)

(Eingegangen 4. November 1901.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

von Oettingen (Leipzig) möchte gern Näheres über den Empfänger auf Helgoland wissen.

Braun: Es wird benutzt ein Resonanzkreis und zwar mit ziemlich grosser Kapazität, wenn man scharfe Resonanz haben will. Man kann aus diesem Resonanzkreis auf einen Kohärerkreis transformieren, ähnlich, wie es Marconi macht. Oder man kann diese hier vorgeführte Resonanzwirkung der schwach gedämpften Wellen benutzen und damit die Potentialschwankungen, die durch den Kondensatorkreis herabgesetzt worden sind, wieder erhöhen. Endlich lassen sich beide Methoden kombinieren.

Lecher (Prag) fragt, wie es sich bei solchen Wellen mit der eventuellen Explosionsgefahr verhält.

Braun: Direkte Erfahrungen liegen da nicht vor, glücklicherweise. Aber ich kann die Gefahr nicht absolut von der Hand weisen. Es ist einmal von einem Dynamitwerk eine Anfrage ergangen; da würde ich mich scheuen, eine Anlage zu machen, ohne vorherige Versuche. Ich halte es allerdings für sehr unwahrscheinlich. Früher einmal wurden Versuche gemacht, nach Cuxhaven hinüber von dem in Fahrt begriffenen Dampfer Silvana aus. Wir arbeiteten mit Öltransformatoren; wir hatten kein schwer flüchtiges Öl, und so wurde einstweilen einmal Petroleum genommen, welches noch dazu die Transformatorspulen nicht hoch genug überdeckte. Die Silvana schwankte, ein Funke schlug durch die Mischung von Petroleumdampf[1]) und Luft, und das Petroleum fing an einer Wandfläche des Ölkastens Feuer. Zum Glück schwankte die Silvana so vernünftig, dass die nächste Schwankung das Feuer wieder auslöschte. Diese Gefahr ist jetzt vollständig ausgeschlossen; ob die Explosionsgefahr auch, das müssen weitere Versuche zeigen.

1) Liegen die Drähte genügend tief im Öl, so ist auch bei Petroleum, wie Versuche gezeigt haben, jede Gefahr vermieden. Schwer siedendes Öl ist natürlich besser.

E. Goldstein (Berlin), Über die durch Strahlungen erzeugten Nachfarben.[1])

Eine Reihe gewöhnlich farbloser Salze nimmt nach früheren Arbeiten des Vortragenden in den Kathodenstrahlen oder im ultravioletten Lichte lebhafte Färbungen an. Im Tageslicht oder bei Erhitzung verschwinden diese Färbungen wieder. — In der ersten Arbeit war es nur gelungen, bestimmte Salze aus der Alkaligruppe zu färben. Der Umstand, dass bald darauf auch der Flussspat, also ein Calciumsalz, sich färben liess, machte es wahrscheinlich, dass auch andere Salze der alkalischen Erden und diejenigen Salze der Alkalien, die der Färbung noch widerstanden hatten, sich würden färben lassen. Dahin gehören z. B. die Alkalisulfate, Phosphate, Borate, Silikate etc. Zum Ziel führte schliesslich das einfache Mittel, die Substanzen stark zu glühen, bezw. zu schmelzen. Nach dem Erkalten bestrahlt, färben sie sich ebenso schnell und lebhaft wie die Alkalihaloide, auch ihre Lichtempfindlichkeit ist die analoge. Z. B. wird das reinste im Handel erhältliche Kaliumsulfat in den Kathodenstrahlen grün, Natriumsulfat wird bläulichgrau, Natriumkarbonat rosa, Borax hellviolett etc. Die Färbungen lassen sich auch durch Einwirkung von Radiumstrahlen erzeugen.

Im Frühjahr d. J. regte Vortragender Hrn. Dr. Giesel an, sich die schöne Färbung des Kaliumsulfats durch Radiumstrahlen herzustellen. Giesel erhielt nicht Grün, sondern ein blasses Violett. Jedoch war sein Präparat etwas chlorhaltig. Da nach Hrn. Abegg ein kleiner KCl-Gehalt schon bei ungeschmolzenem K_2SO_4 sich durch blasse KCl-Nachfarbe (Violett) verrät, schien das Resultat, abgesehen von der Unterdrückung des Grün, erklärlich. Zur Kontrolle untersuchte Vortragender noch K_2SO_4 mit einem kleinen $NaCl$-Zusatz, in der Erwartung, die gelbe Nachfarbe des $NaCl$ zu erhalten. Statt dessen trat tiefes Violett auf. Dies gab die Anregung, den Einfluss kleiner Zusätze auf die Nachfarben näher zu untersuchen.

Ein wenig Lithiumchlorid statt Natriumchlorid zu K_2SO_4 gesetzt, erzeugt blaugraue Färbung. Verschiedene Metalle erzeugen also verschiedene Farben. — Die Färbung hängt aber auch ab von der Verbindung, in der ein bestimmtes Metall zugesetzt wird: Die Farben sind verschieden, je nachdem dem Kaliumsulfat Chlorkalium, Bromkalium oder Jodkalium zugesetzt wird. Schon sehr kleine Zusätze sind wirksam. $^1/_{10000}$ $NaCl$ modifiziert die grüne Färbung des Kaliumsulfats schon sehr merklich, und bei $^6/_{10000}$ schlägt sie in eine ganz andere Farbe (Violett) um.

1) Abteilung 2, 24. September 1901.

Analoges ergiebt sich bei Zusätzen zu Natriumsulfat, nur dass jedesmal eine andere Färbung als bei Kaliumsulfat auftritt. Auch die Nachfarben der Karbonate werden durch kleine Zusätze stark beeinflusst. Natriumkarbonat, das für sich rosa gefärbt wird, färbt sich, mit ein wenig $NaCl$ zusammengeschmolzen, heliotropblau.

Werden die gemischten Salze nur miteinander abgedampft, statt geschmolzen zu werden, so ist die Wirkung des Zusatzes null oder minimal. —

Die Alkalihaloide sind nicht die einzigen Substanzen, die als Zusätze die Nachfarben alterieren. Sehr kräftig wirken z. B. die Phosphate. Kaliumsulfat mit ein wenig Kaliumphosphat wird fleischfarben. Strontiumchlorid als Zusatz bringt heliotropblaue Färbung hervor. Für sich allein nehmen Kaliumphosphat und Strontiumchlorid gar keine Nachfarbe an.

Sehr stark wirken als Zusätze auch die Karbonate. Hier ergab sich ein Wendepunkt der Untersuchung. Ein Zusatz von ein wenig Kaliumkarbonat hatte erheblichen Einfluss auf die Nachfarbe zahlreicher Salze, nur nicht auf die Nachfarbe von Kaliumsulfat. Mit oder ohne Zusatz von Kaliumkarbonat zeigte das Kaliumsulfat die nämliche grüne Farbe, nur anscheinend ein klein wenig kräftiger mit dem Zusatz.

Dies brachte auf die Vermutung, dass die beim Kaliumsulfat bisher regelmässig beobachtete grüne Nachfarbe dem Kaliumsulfat selbst gar nicht angehört, sondern nur eine Wirkung derjenigen geringen Spur von Kaliumkarbonat ist, von der auch die besten Handelspräparate des Kaliumsulfats nicht frei sind.

Diese Annahme hat sich bestätigt. Es gelang schliesslich, durch Umkrystallisieren Fraktionen von Kaliumsulfat zu gewinnen, die in den Kathodenstrahlen sich nicht mehr färbten. Auf kleine Zusätze von K_2CO_3 trat die grüne Farbe bei Bestrahlung aber sogleich wieder kräftig auf.

Eine untere Grenze für die Zusatzmengen, die sich noch wirksam erweisen, also durch die Kathodenstrahlen nachgewiesen werden können, lässt sich noch nicht angeben. Ein Zusatz von $^1/_{25000}$ Karbonat erzeugt noch so starke Färbung, dass wahrscheinlich auch kleinere Zusätze noch wirksam sein werden.

Die Nachfarben können somit auch für die analytische Chemie nutzbar gemacht werden. Sie weisen Verunreinigungen noch bei Präparaten nach, bei denen die üblichen chemischen Methoden schon völlig versagen.

Statt der Kathodenstrahlen kann man, wenn es nicht auf Zeit ankommt, mit Vorteil die Radiumstrahlen benutzen, indem man einfach ein Radiumpräparat auf das zu prüfende Salz

legt — mit Vorteil, weil die Radiumstrahlen schliesslich tiefere Färbung ergeben, also noch kleinere Mengen sicher nachweisen, als die Kathodenstrahlen. Dies beruht darauf, dass die Kathodenstrahlen die Salzkörner nur in einer dünnen Oberflächenschicht, die Radiumstrahlen auch das Innere der Körner färben.

So enthüllen die Radiumstrahlen sich auch als ein Hilfsmittel für die chemische Analyse. Auch mehrere gleichzeitige Verunreinigungen können mittels der Nachfarben nachgewiesen werden, weil die durch verschiedene Beimengungen erzeugten Nachfarben im Tageslicht verschiedene Dauer haben. So wird K_2SO_4, das durch K_2CO_3 verunreinigt ist, bei gleichzeitigem Natriumgehalt erst graugrün bis grüngrau, je nach der Menge des Natriums. Das von dem Natriumgehalt veranlasste Grau verschwindet im Lichte relativ schnell und hinterlässt das vom Karbonat erzeugte Grün.

Ganz wie bei K_2SO_4 ergab sich, dass auch Li_2SO_4, Na_2SO_4, Rb_2SO_4 und Cs_2SO_4 in ganz reinem Zustande die bunten Farben nicht geben, die den Handelspräparaten eigen sind. Sie beruhen meist auf Karbonat-, teilweise auch auf Chloridbeimengungen.

Wie die Sulfate sind auch die Phosphate, Borate und Silikate in reinem Zustande nicht zu färben, für die Karbonate liess sich eine sichere Entscheidung noch nicht treffen. Die violette Farbe von Borax beruht auf minimalem $NaCl$-Gehalt. Überhaupt ist ausser durch die Spektralanalyse ein sehr kleiner Natriumgehalt wohl auf keine Weise so gut nachzuweisen, wie durch Kathoden- und Radiumstrahlen.

Auch reines Baryumchlorid gehört zu den Substanzen, die keine Nachfarbe annehmen. Radioaktives Baryumchlorid aber färbt sich nach Giesel, durch Selbstbestrahlung, gelblich. $NaCl$ würde Grau erzeugen. Man darf daher mit Sicherheit schliessen, dass das radioaktive $BaCl_2$ noch eine fremde Substanz enthält. Ob diese das problematische Radium ist, oder nur eine Substanz, welche die Demarcayschen Spektrallinien, nicht aber die Aktivität veranlasst, ist freilich noch nicht zu entscheiden.

Zusammenfassend kann man sagen:

Die beschriebenen Nachfarben — wir sprechen zunächst von Sulfaten, Phosphaten, Silikaten und Boraten der Alkalien, sowie von vielen Haloidsalzen der alkalischen Erden — treten an reinen Substanzen nicht auf. Bedingung für ihr Zustandekommen ist ein kleiner Zusatz einer fremden Substanz. Blosse Beimischung, auch in flüssiger Lösung, genügt nicht, sondern die Mischung muss geglüht oder geschmolzen werden. Nach Ansicht des Vortragenden bedeutet dies, dass der Zusatz in der Grundsubstanz gelöst sein muss. Auf die (feste) Lösung muss dann noch eine geeignete Strahlung wirken.

Vergrössert man die Zusatzmenge, so wird bald ein Maximum der Färbung erreicht und die Färbung bei weiterer Vermehrung des Zusatzes wieder geschwächt. Daraus folgt, dass nur ein kleiner Teil der Zusatzsubstanz, also nur ein sehr kleiner Teil der gesamten Masse der Mischung, die Färbung veranlasst.

Auf Grund äusserlich sehr verschiedener Erscheinungen bietet sich hier ein vollständiger Parallelismus zu den Ergebnissen, zu denen der Vortragende in seiner Untersuchung über die Phosphoreszenz anorganischer Präparate gelangt ist.[1]) Dort hatte sich ergeben, dass nicht die ganze Masse eines Körpers fluoresziert oder phosphoresziert, sondern stets nur ein minimaler Bruchteil. Die intensivsten Phosphoreszenzerscheinungen gingen nicht von reinen Substanzen aus, sondern von kleinen Zusätzen, die für gewisse Substanzen unter $^1/_{10\,000\,000}$ heruntergehen konnten. Vielfach waren die Zusätze Substanzen, die für sich gar nicht oder minimal leuchteten. Auch dort war Glühen und Schmelzen förderlich, und Verfasser kam zu dem Schlusse, dass in jedem Salze nur der dissoziierte Teil der festen Lösung fluoresziert oder phosphoresziert. Bei dem völligen Parallelismus der Erscheinungen wird man daher zu der Vermutung geführt, dass es auch bei den Nachfarbe-Erscheinungen nur die in der festen Lösung dissoziierten Anteile des Zusatzes sind, die sich an den Färbungen beteiligen.

Es ist jetzt leicht verständlich, weshalb schon ein ganz kleiner Zusatz einer fremden Substanz die gewöhnliche grüne Nachfarbe des K_2SO_4 so stark modifiziert; ist ja jene Farbe doch auch nur durch einen ganz minimalen Zusatz veranlasst.

Bei Sulfaten, Phosphaten etc. ist nach dem Vorangehenden Ursache der Färbung nur ein minimaler Teil der Gesamtmasse, der überdies eine fremde Beimengung ist. Wie sind nun die Nachfarben der Alkalihaloide aufzufassen, bei denen die Färbungen überdies auch schon ohne vorgängiges Schmelzen auftreten? Liegen auch hier nur die Wirkungen von Verunreinigungen vor, hat man bisher kein reines Chlornatrium, Bromkalium etc. gekannt? Berücksichtigt man, dass die durch geringe Zusätze, z. B. bei den Sulfaten, erzeugten Nachfarben vielfach mindestens ebenso intensiv sind, wie die Nachfarben von $NaCl$, KCl etc., so wird man für wahrscheinlich halten müssen, dass auch bei den Alkalihaloiden nicht die ganze Masse farbig wird, sondern dass die Nachfarbe auch hier nur durch einen kleinen Bruchteil

1) Goldstein, Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wissensch. 1900, S. 818.

bedingt ist. Ist dieser Bruchteil nun ebenfalls eine fremde Beimengung? Redner glaubt nicht, dies annehmen zu sollen. Jedenfalls verhalten bei *NaCl* verschiedene Fraktionen sich nicht verschieden. Der Parallelismus mit den Phosphoreszenz-Erscheinungen leitet auf eine vielleicht richtige Auffassung. Es giebt unter den phosphoreszierenden Substanzen eine ganze Gruppe, die mit kleinen Zusätzen anderer Körper intensiv leuchten, mildes Licht aber auch schon in reinem Zustande emittieren können. In diese Gruppe gehören u. a. auch die Alkalihaloide. Vortragender hat nun (l. c.) zu zeigen gesucht, dass bei solchen reinen festen Lösungsmitteln dann der dissoziierte Anteil leuchtet, der nach Analogie des Verhaltens reiner flüssiger Lösungsmittel auch in ihnen anzunehmen ist. Das Wahrscheinlichste würde danach vorläufig sein, dass bei den reinen Alkalihaloiden die Nachfarben durch denjenigen kleinen Teil ihrer eigenen Masse bedingt sind, der in ihnen dissoziiert ist. (Präparate, welche die geschilderten Wirkungen von Kathodenstrahlen und Radiumstrahlen veranschaulichen, wurden vorgezeigt.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 2. November 1901.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Frl. Neumann (Berlin) fragt, ob die Lösungen dieser gefärbten Salze farbig sind?

Vortragender erwidert, dass diese Lösungen bisher in keiner Beziehung sich von den Lösungen der farblosen Präparate haben unterscheiden lassen.

BESPRECHUNGEN.

M. Chassagny, Cours élémentaire de Physique. 1056 Seiten mit 793 Textfiguren. Paris, Librairie Hachette 1901.

Ein Vergleich des vorliegenden Lehrbuches der Physik, das für die „écoles du gouvernement" bestimmt ist, mit der Mehrzahl der in den letzten Jahren erschienenen deutschen Lehrbüchern für höhere Lehranstalten würde nicht zum Vorteile der letzteren ausfallen. — Eine äusserst klare, sorgfältige Darstellung auf stets wissenschaftlicher Basis, ein völliges Beherrschen des sehr reichen Stoffes, dazu eine Fülle trefflicher Abbildungen — das sind Vorzüge, welche sich selten in so hohem Masse vereinigt finden, wie in dem Buche von Chassagny. Nirgends zeigt sich ein nüchterner Schematismus, überall ein liebevolles Eingehen auf das Experiment in streng wissenschaftlicher Form, volle Rücksichtnahme auf die Technik und die Bedürfnisse des modernen Lebens, natürlich mit Bevorzugung des französischen Elementes. Jedes Kapitel bringt etwas in sich Abgerundetes, verwandte Ideen Verknüpfendes. Freilich wird zuweilen dadurch eine oder die andere Erscheinung an eine uns sonst ungewohnte Stelle gebracht, wie z. B. schon bei Besprechung der Kompressions- und Luftpumpen die Erwärmung und Abkühlung eines Gasquantums durch Kompression resp. Expansion abgehandelt wird.

Ohne höhere Mathematik zu Hilfe zu nehmen, wird doch von mathematischer Formulierung und Beweisführung ausgiebiger Gebrauch gemacht und zwar mit einer ungewöhnlichen Eleganz und eigenartigen Kürze. —

Den Abbildungen hat der Verfasser kurze Erläuterungen als Unterschriften beigefügt, die sofort über den Zweck des Bildes orientieren. Auch werden, wo immer thunlich, durch graphische Darstellungen die besprochenen Vorgänge veranschaulicht. — Was dem Buche aber ganz besonderen Wert verleiht, sind die sehr zahlreichen Angaben von Messmethoden, die jedem Versuche, der überhaupt an Mass und Zahl Anspruch erhebt, beigefügt sind.

Geradezu mustergültig ist neben der Elektrizitätslehre die Darstellung der Wärmeerscheinungen, insbesondere der Kalorimetrie, der Ausdehnungsmessungen. Etwas oberflächlicher kommen die Wärmeleitung, sowie einzelne Teile der Optik fort. Dass hier die Beugung und Polarisation des Lichtes überhaupt gänzlich fehlt, dürfte wohl auf eine Eigentümlichkeit der französischen Lehrpläne zu schieben sein. Behrendsen.

(Eingegangen 21. November 1901.)

Astronomischer Jahresbericht. Mit Unterstützung der Astronomischen Gesellschaft herausgeg. von W. F. Wislicenus. II. Band, enthaltend die Litteratur des Jahres 1900. gr. 8°. XXVI u. 631 S. Berlin, Georg Reimer. 1900. Preis M. 19.—.

Der vorliegende zweite Band dieses Jahresberichtes umfasst die astronomische Litteratur des Jahres 1901 und darf wohl als ein fast vollständiges Verzeichnis derselben angesehen werden. Das Unternehmen, welches der Herausgeber im vorigen Jahre unter thätiger und finanzieller Mitwirkung der Astronomischen Gesellschaft begonnen hat, kann als ein ausserordentlich zweckmässiges bezeichnet werden

und hat deshalb auch bei den Fachastronomen den lebhaftesten Beifall gefunden. Wenn auch die speziell astronomischen Studien ja zunächst nur ein kleineres Gebiet umfassen, so wächst die Anzahl der jährlich erscheinenden Publikationen doch schon so stark an, dass eine systematische Aufzählung derselben einem höchst fühlbaren Bedürfnis entgegenkommt, zumal in den „Astron. Jahresberichten" nicht nur die Titel der Werke u. s. w. sich angegeben befinden, sondern ein besonderer Wert auf kurze, prägnante Inhaltsangaben gelegt ist, wobei es dem Herausgeber in erster Linie auf völlige Objektivität ankommt. Wie schwierig dieses lobenswerte Bestreben bei referierenden Artikeln unter Umständen einzuhalten ist, dürfte genügend bekannt sein; aber der Herausgeber sowohl wie seine Mitarbeiter haben es doch durchzuführen verstanden. Der vorliegende 2. Band des Jahresberichtes ist auch erheblich schneller nach Schluss des Berichtsjahres erschienen als der 1. Band, bei welchem wegen der umfangreichen Vorarbeiten die eigentliche referierende Thätigkeit erst in der zweiten Hälfte des Berichtsjahres beginnen konnte. Für die laufenden Arbeiten der Astronomen und Astrophysiker ist aber ein schnelles Erscheinen des Jahresberichtes von besonderem Werte. Die Gelehrten in vielen anderen Disziplinen würden recht froh sein, wenn dort die Berichterstattung ebenso schnell erreicht werden könnte, wie wir das nunmehr auf dem Gebiete der astronomischen Wissenschaften erwarten dürfen.

Ich möchte aber diesen kurzen Hinweis auf den „Astronom. Jahresbericht" nicht schliessen, ohne besonders auf die nach reiflicher Erwägung gewählte musterhafte Einteilung des Stoffes hingewiesen zu haben, welche es auch, abgesehen von dem ausführlichen Inhaltsverzeichnis, möglich macht, leicht die ein spezielles Thema behandelnden Schriften samt den auf die Grenzgebiete bezüglichen aufzufinden.

L. Ambronn.

(Eingegangen 27. November 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Giesel, F., Über radioaktive Substanzen und deren Strahlen. Mit 4 Abbildungen. gr. 8⁰. 28 S. (Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge VII, 1). 1902. Stuttgart, Ferdinand Enke. M. 1.20

Jaeger, W., Die Normalelemente und ihre Anwendung in der elektrischen Messtechnik. Mit 38 Figuren. gr. 8⁰. VIII u. 131 S. 1902. Halle a/S., Wilhelm Knapp. M. 6.—.

Konen, H., Geschichte der Gleichung $t^2 - Du^2 = 1$. Mit 2 Figuren im Text. V u. 132 S. 1901. Leipzig, S. Hirzel. M. 4.—.

Miethe, Adolf, Lehrbuch der praktischen Photographie. 2. verbesserte Auflage. Mit 180 Abbildungen. gr. 8⁰. VIII u. 445 S. 1902. Halle a/S., Wilhelm Knapp. Gebunden M. 10.—.

Tagesereignisse.

Die Gründung einer Berliner Mathematischen Gesellschaft ist neuerdings beschlossen worden. Vorsitzender ist Prof. Dr. Weingarten von der Technischen Hochschule, zu Schriftführern wurden Prof. Dr. Kneser (Bergakademie) und Oberlehrer Dr. E. Jahnke (Friedrich-Werdersche Oberrealschule) gewählt.

In Lyon ist am 15. November unter ausserordentlich zahlreicher Teilnahme der dritte Wetterschiesskongress eröffnet worden. Bürgermeister Stiger von Windisch-Feistritz wurde zum Ehrenpräsidenten und G. Suschnig, Prokurist der Firma Karl Greinitz Neffen in Graz, zum Vizepräsidenten, der letztere auch in gleicher Eigenschaft als Preisrichter für die Prüfung der Schiessgeräte und Maschinen gewählt.

In Heidelberg wurde im Chemischen Universitäts-Laboratorium am 21. November die von Mitarbeitern und Schülern gestiftete Büste Viktor Meyers, an der Stätte seiner glänzenden Forscher- und Lehrthätigkeit, feierlich enthüllt.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Der Oberingenieur der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin, Richard K. Grassmann, wurde zum ordentlichen Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, Professor Konrad Zeissig zum ausserordentlichen Professor für Physik an der Technischen Hochschule in Darmstadt, Dr. Wilhelm Sonne zum Professor für gewerbliche Chemie an derselben Hochschule, der bekannte Schachmeister E. Lasker zum Professor der Mathematik an dem New College zu Manchester ernannt.

Habilitiert haben sich Dr. Eugen Jahnke, Oberlehrer der Friedrich-Werderschen Oberrealschule, an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg für Mathematik, Dr. W. Schaufelberger am Polytechnikum zu Zürich für Physik, Dr. Hermann Pauly an der Universität Bonn für Chemie mit einer Antrittsrede „Über Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und physiologischer Wirkung".

Professor H. E. J. G. Dubois, von der Berliner Universität, siedelt nach Amsterdam über.

Der Ordinarius für Physik an der Universität Rostock, Professor Dr. Ludwig Matthiessen, steht in dem 100. Semester seiner ordentlichen Lehrthätigkeit. Aus diesem Anlass gestaltete sich seine erste Vorlesung in diesem Semester zu einer Feier.

Die Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen wählte Prof. Dr. Abbe in Jena zum Ehrenmitglied.

Am 20. November starb der ordentliche Professor des Maschinenbaues an der Technischen Hochschule in Wien, Johann von Radinger.

Berichtigungen.

In Jahrg. 3, S. 82—85, 1901 dieser Zeitschrift sind in dem Aufsatze: „Durch Kathodenstrahlen erzeugte Farbenringe an Krystallplatten" einige Druckfehler enthalten:

1) S. 82, Spalte 2, Abs. 3 statt: „auf dem Tischchen" muss es heissen: „auf den Tischchen."

2) S. 82, Spalte 2, Anm. 3 statt: „Berhau-Berlin" muss es heissen: „Bernau-Berlin."

3) S. 85, Spalte 1, Anm. 6 statt: „Müller-Poscillet" muss es heissen: „Müller-Pouillet."

4) S. 85, Spalte 2, Anm. 2 statt: „Entladung der Elektrizität der Gase" muss es heissen: „Entladung der Elektrizität durch Gase."

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 15. Januar 1902. Redaktionsschluss für No. 9 am 22. Januar 1902. 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Notiz über Erkennung von Undichtigkeitsstellen an Entladungsröhren.

Von E. Goldstein.

Bei der seit einigen Jahren wieder vermehrten Beschäftigung mit den Entladungserscheinungen in Vakuis wird manchem ein einfaches Verfahren zur Ermittelung kleiner Undichtigkeitsstellen an Entladungsröhren vielleicht angenehm sein. Eigentliche Sprünge und grössere Löcher sind bei der Betrachtung der Röhre ohne weiteres zu erkennen und durch Verkittung oder Verschmelzen unschädlich zu machen. Schwierigkeiten macht es im allgemeinen nur, Löcher oder Durchschlagsstellen zu erkennen, die so klein sind, dass sie, wenn überhaupt sichtbar, von den kleinsten Bläschen und trüben Punkten der Glaswand ohne weiteres nicht unterschieden werden können. Versuchsweises Verkitten aller solcher Stellen führt dann oft zu ausgedehnter und störender Bepflasterung der Röhre, ohne dass man die Sicherheit hat, hierbei selbst unter grossem Zeitaufwand das eigentliche Leck zu entdecken und zu verschliessen. Ein einfaches Verfahren, das sicher und schnell den Ort der Undichtigkeit auffinden lässt, ist das folgende, seit einigen Jahren von mir erprobte: Man schaltet in den Schliessungskreis der an der Pumpe hängenden evakuierten Röhre eine Funkenstrecke von unten näher zu bezeichnender Länge in freier Luft ein und überfährt dann mit den Fingern tastend die Wandung der Röhre, eventuell auch der benachbarten Zuleitungsröhren zur Pumpe. Sobald man an die Undichtigkeitsstelle gelangt ist, erfährt man ein kräftig stechendes (aber durchaus erträgliches) Gefühl an der betreffenden Fingerspitze und sieht nun auch zwischen dem Finger und der Wandung ein kleines Fünkchen übergehen, das den genauen Ort des Lecks anzeigt. Das Leck verkittet man, wenn man den Gasinhalt von organischen Dämpfen frei halten will, nicht mit Siegellack oder mit Wachs-Kolophoniumkitt, sondern mit Guttapercha. Nachdem man die Leckstelle ganz leicht durch kurzes Bespülen mit Gas- oder Streichholzflamme angewärmt hat, legt man 1 oder 2 Lagen Guttaperchapapier auf, die sogleich haften. Je nach Bedarf wärmt man die Guttapercha noch an, und trägt einige weitere Lagen auf, die man dann nötigenfalls bis zum Schmelzen anwärmen kann. Als letzte Lage dient immer ein ungeschmolzenes Blatt. — In derselben Weise kann man auch ausgedehnte Sprünge an den Röhren unschädlich machen, ohne wie bei Anwendung von Siegellack bei Ingangsetzung der Entladung kohlehaltige Dämpfe im Innern zu erhalten, und durch Auftragen einer heissen Masse die Sprünge oft zu vergrössern.

Was die Grösse der oben erwähnten einzuschaltenden Funkenstrecke betrifft, so genügt bei einem von mir benutzten Induktor, der 25 cm indizierte Funkenlänge hat, gewöhnlich aber nur mit einer Spannung für 7—8 cm betrieben wird, die Einschaltung einer Funkenstrecke von ca. 12 mm für die kleinsten vorkommenden Durchschlagsstellen. Je grösser das Leck ist, desto kleiner kann die Funkenstrecke sein, ohne dass jedoch die grössere schadet. Man kann daher ein für allemal die für sehr kleine Lecke ermittelte Länge anwenden. — Bemerkt sei noch, dass kleine bei der Herstellung der Röhren verbliebene Löcher am häufigsten an Stellen vorkommen, wo Röhren im Winkel aneinander gesetzt sind, bisweilen auch in der Nähe der Eintrittsstelle der Elektroden an der Grenze von Röhrenglas und Einschmelzglas. —

Wer die oben erwähnte stechende Empfindung etwa vermeiden möchte, kann auch eine abgeschmolzene evakuierte Entladungsröhre von einigen Centimetern Weite verwenden, deren eine Elektrode an ihrem äussern Zuleitungsring ein schmiegsames dünnes Metallplättchen oder einen Stanniolbausch trägt, mit dem man die Röhrenwand absucht, während die Hilfsröhre mit der Hand umfasst wird. Die Hilfsröhre bildet dann eine Leydnerflasche von hinreichender Kapazität, um die Fünkchenentladungen an der Leckstelle aufzunehmen. Sie springen zu dem Metallplättchen über, das den Knopf der inneren Belegung darstellt. Der optische Eindruck bleibt also, während der Hautreiz fortfällt. Doch führt die Verwendung des letzteren am schnellsten zum Ziel.

(Eingegangen 5. Dezember 1901.)

Über die Doppellinien im Spektrum der Chromosphäre und ihre Erklärung aus der anomalen Dispersion des Photosphärenlichtes.

Von W. H. Julius.

Die im Jahre 1900 von mir entwickelte Theorie [1]), nach welcher eine grosse Anzahl Sonnenphänomene als Folgen anomaler Dispersion des Lichtes zu betrachten sind, hat durch ein sehr merkwürdiges Ergebnis der am 18. Mai 1901 von der holländischen Expedition in Sumatra angestellten Sonnenfinsternisbeobachtungen eine ungemein kräftige Stütze erhalten.

Ich will im folgenden zeigen, wie sich als eine notwendige Konsequenz jener Theorie eine gewisse Eigentümlichkeit der Chromosphärenlinien ergiebt, welche auf den von Professor A. A. Nyland mit der Prismenkamera erhaltenen Photographien thatsächlich in grosser Allgemeinheit zu Tage tritt [2]) und bisher noch nicht als allgemeine Eigenschaft dieser Linien erkannt wurde.

In der erwähnten Arbeit habe ich Überlegungen mitgeteilt, welche uns zu der Annahme führen, dass das Licht der Chromosphäre [3]) zum grossen Teil von Photosphärenlicht herrührt, das anomale Dispersion in den absorbierenden Dämpfen der Sonne erlitten hat. Die Wellenlänge der hellen Linien im Spektrum der Protuberanzen, der Chromosphäre und der sogenannten umkehrenden Schicht können nach dieser Hypothese nicht genau identisch sein mit den Wellenlängen der korrespondierenden Absorptionslinien des gewöhnlichen Sonnenspektrums. Denn von jeder hellen Linie, welche einer Absorptionslinie von der Wellenlänge λ entspricht, muss man annehmen, dass sie von zwei Gruppen von Strahlen herrühre, deren Wellenlängen alle beziehungsweise kleiner oder grösser als λ sind. Das Licht auf der roten Seite der Absorptionslinien wird vielleicht in den meisten Fällen ein klein wenig intensiver sein als das auf der violetten Seite, da, so verschieden, was Ort und Raum anbetrifft, die Dichte der Sonnengase sein mag, es immer ein klein wenig wahrscheinlicher ist, dass die mittlere Dichte der Schichten, welche von dem zu uns gelangenden Lichte durchdrungen werden, nach dem Sonnenmittelpunkt zunimmt, als dass das Umgekehrte der Fall ist.[1]) Wo starke „Schlieren" auftreten, da können aber stellenweise die Wellengruppen auf der violetten Seite die intensiveren sein.

Ferner leuchtet ein, dass die Strahlen von jeder Gruppe, deren Wellenlängen sehr von λ abweichen, nur in nächster Nähe des Sonnenrandes gesehen werden können, denn nur dort genügt eine kleine Abnormität im Brechungsindex, um Photosphärenstrahlen nach unserem Auge gelangen zu lassen. Licht, dessen Wellenlänge weniger von λ abweicht, kann zu uns von einem breiteren Streifen der Chromosphäre gelangen; weit vom Sonnenrande werden wir im allgemeinen nur Strahlen zu sehen bekommen, deren Wellenlängen nur sehr wenig von λ abweichen.[2])

Auch von dieser Regel können Abweichungen dort auftreten, wo gewaltige Protuberanzen uns das Vorhandensein von grossen Unregelmässigkeiten in der Verteilung der Dichte der Sonnengase anzeigen.

Wir wollen nun besprechen, wie sich unter mittleren Verhältnissen die Verteilung des Lichtes in einer Chromosphärenlinie gestalten muss, und dabei voraussetzen, dass wir es nur mit gebrochenem Photosphärenlicht, ohne bemerkenswerte, durch das absorbierende Gas hervorgerufene Strahlung zu thun haben.

1) Sitzungsberichte der Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam VIII, 510—523 (24. Febr. 1900). Diese Zeitschr. **2**, 348—353 und 357—360, 1901.

2) Mit gütiger Erlaubnis der Herren Nyland und Wilterdink (der Mitglieder unserer Expedition, welche hauptsächlich mit spektroskopischen Untersuchungen beschäftigt waren) soll nur diese Eigentümlichkeit der Photographien hier besprochen werden. Der Bericht, welcher eine eingehende Beschreibung aller Beobachtungen enthält, wird demnächst veröffentlicht werden.

3) Ich werde häufig die Ausdrücke Photosphäre und Chromosphäre gebrauchen; ich möchte aber ausdrücklich betonen, dass ich hierunter nur die weisse Scheibe der Sonne und den mehr oder weniger gefärbten Rand, wie er unserem Auge erscheint, meine. Eine scharf begrenzte Kugel, welche weisses Licht aussendet und welche von einer durchsichtigen Schale, die ihrerseits farbiges Licht aussendet, umgeben ist, brauche ich mir dabei nicht vorzustellen.

1) Diese Zeitschr. **2**, 358, 1901.

2) Diese Zeitschr. **2**, 352, 1901.

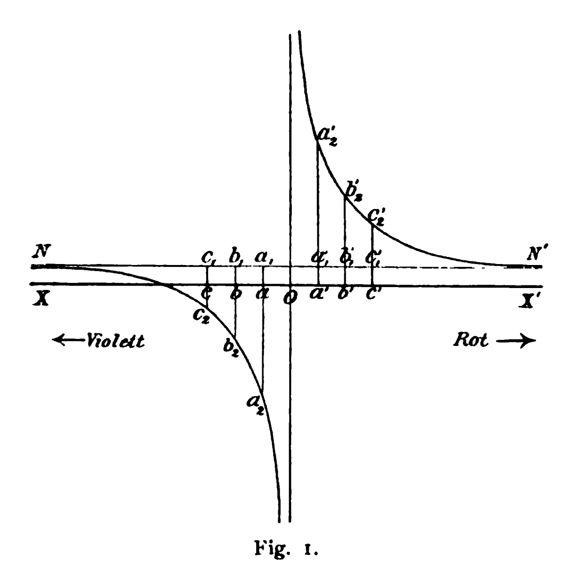


Fig. 1.

Fig. 1 giebt uns die Form der Dispersionskurve des absorbierenden Gases in der Nähe einer Absorptionslinie wieder. Die Linie XX' ist die Achse der Wellenlängen. In O sei die Wellenlänge gleich λ; der Ordinate Null entspreche der Brechungsindex 1. Wäre keine Absorptionslinie in diesem Teile des Spektrums vorhanden, so würde die Dispersionskurve eine fast gerade Linie NN' sein, welche in geringer Entfernung oberhalb XX' beinahe XX' parallel läuft. Werden die Strahlen von der Wellenlänge λ stark absorbiert, so besteht die Kurve aus zwei Zweigen, welche die in der Figur dargestellte Gestalt besitzen.

Nun kann Licht von der Wellenlänge λ nicht im Spektrum der Chromosphäre vorkommen. Wellen $\lambda + \delta$, welche im normalen Spektrum zu den Stellen a und a' gehören, werden zu uns von einem verhältnismässig breiten Ring der Chromosphäre gelangen, aber natürlich mit grösserer Intensität von den inneren Teilen des Ringes als von den äusseren. Strahlen $\lambda \pm 2\delta$, entsprechend den Stellen b und b', kommen nur von einem schmäleren Chromosphärenring u. s. w. Für alle diese Ringe ist die Photosphäre die innere Grenze. Die Breite der Ringe, von denen wir Licht von den Wellenlängen $\lambda \pm \delta$, $\lambda \pm 2\delta$ u. s. w. erhalten können, wird von den Ordinaten der Dispersionskurve bei a, a', b, b', u. s. w. abhängen. Wir können in erster Annäherung diese Breiten proportional $a_1 a_2, a_1' a_2'$, $b_1 b_2$, $b_1' b_2'$ u. s. w. setzen, d. h. den Längen, um die diese Ordinaten von den Ordinaten der normalen Dispersionskurve NN' abweichen.

Bei den neueren Sonnenfinsternisbeobachtungen wurden sowohl der Spaltspektrograph als die Prismenkamera (oder das Objektivgitter) benutzt; bis jetzt sind die meisten Resultate mit Apparaten des letzteren Typus erhalten. Wir wollen daher den Charakter einer mittels der Prismenkamera unter gewöhnlichen Verhältnissen erhaltenen Chromosphärenlinie untersuchen.

Die Prismenkamera giebt für jede rein monochromatische von der Chromosphäre herrührende Strahlung ein Bild der Sichel, indem sie diese Bilder nach der Wellenlänge anordnet. Die Verteilung des Lichtes in solch einem Bilde zeigt uns an, mit welcher Intensität die betreffende Strahlung von den verschiedenen Stellen der Chromosphärensichel zu uns gelangt. Daher wird ein reines monochromatisches Bild in der Regel auf der konkaven Seite, wo es durch den Mondrand begrenzt wird, intensiver sein; auf der konvexen Seite wird die Intensität allmählich abnehmen.

Die von benachbarten Strahlenarten herrührenden Bilder werden sich jedoch teilweise überdecken. Insbesondere gilt dies für die beiden Gruppen von Strahlen, welche zusammen eine Chromosphärenlinie bilden. Bei diesem Zusammenfluss von Sichelbildern wird man eine ganz andere Verteilung des Lichtes beobachten, als man zu sehen bekommen würde, wenn die Chromosphärenlinie von monochromatischem Licht oder von einer einzelnen Strahlengruppe herrührte, wie es der Fall wäre, wenn wir es mit der Emission eines mehr oder weniger verdünnten Gases zu thun hätten.

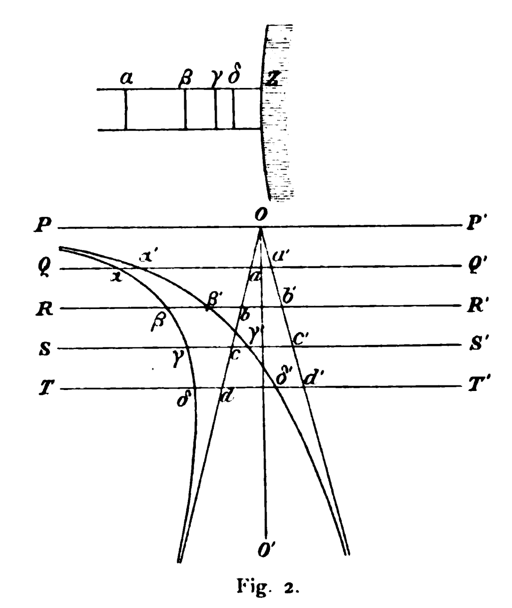


Fig. 2.

Sei Z (Fig. 2) ein Teil des Mondrandes im Augenblick, wo die zweite oder dritte Berührung der totalen Sonnenfinsternis stattfindet. Wir wollen nun das zusammengesetzte Licht verfolgen, das von einer kleinen Säule $Z\alpha$ der Chromosphäre herrührt und das in ein horizontales Spektrum parallel PP' zerlegt wird. Um leichter eine ungefähre Übersicht über den Anteil, den die verschiedenen Strahlen zur Licht-

verteilung in der Bande beitragen, zu gewinnen, wollen wir die verschiedenen Lichtarten voneinander trennen und auf verschiedenen Linien PP', QQ', RR'... die Teile des Spektrums darstellen, wo Chromosphärenlicht entsprechend den Wellenlängen λ, $\lambda + \delta$, $\lambda + 2\delta$ u. s. w. auftritt.

Der Punkt O möge die Stelle bezeichnen, wo der Rand des Mondes sich zeigen würde, wenn absolut monochromatisches Licht von der Wellenlänge λ auf der linken Seite auftreten würde.

Die Strahlen von der Wellenlänge λ werden jedoch vollkommen absorbiert, so dass nichts auf der Linie PP' dargestellt zu werden braucht.

Auf der Linie QQ' finden wir zunächst Licht von der Wellenlänge $\lambda - \delta$, welches den scharfen Rand des Mondes nach a wirft und von dort mit abnehmender Intensität bis α reicht und zweitens Licht von der Wellenlänge $\lambda + \delta$, welches von a' bis α' reicht.

In der gleichen Weise finden wir auf RR' Strahlen $\lambda - 2\delta$ und $\lambda + 2\delta$, welche beziehungsweise den Abschnitten $b\beta$ und $b'\beta'$ entsprechen; auf SS' die Strahlen $\lambda - 3\delta$ und $\lambda + 3\delta$ bei den Abschnitten $c\gamma$ und $c'\gamma'$ u. s. w.

Da die Abschnitte $a\alpha$, $a'\alpha'$, $b\beta$, $b'\beta'$ die Breite der Ringe der Chromosphäre darstellen, welche den verschiedenen Strahlenarten entsprechen, so haben wir sie proportional den Längen $a_1 a_2$, $a_1' a_2'$, $b_1 b_2$, $b_1' b_2'$ auf Fig. I gesetzt. Daher liegen $\alpha, \beta \ldots$, α', $\beta' \ldots$ u. s. w. auf zwei Kurven, deren Form nahe mit der Dispersionskurve verwandt ist. So ergiebt sich



Fig. 3.

der Anteil, welchen alle zwischenliegenden Wellenlängen in der Lichtverteilung beitragen, wenn wir nur berücksichtigen, dass bei jeder Art von Licht die Intensität von rechts nach links abnimmt. Dies wird in Fig. 3 dargestellt. Um schliesslich die Lichtverteilung in der Chromosphärenlinie zu erhalten, brauchen wir uns nur den oberen Teil der Figur in vertikaler Richtung zusammengedrückt zu denken, so dass die Lichtintensitäten zusammenaddiert werden. Die auf diese Weise erhaltene resultierende Intensität ist ungefähr so verteilt, wie es die Schattierung in dem unten gegebenen Spektrum darstellt. Es wird daher eine Doppellinie erhalten, deren Komponenten eine nach beiden Seiten allmählich abnehmende Intensität zeigen, so dass noch Licht von beträchtlicher Intensität in dem Zwischenraum vorhanden ist.

Sind die Strahlen, deren Wellenlängen kleiner als λ sind, im Durchschnitt ebenso intensiv als die mit grösseren Wellenlängen (diesen Fall zeigt die Figur), so erscheint „der Schwerpunkt" des Lichtes der Chromosphärenlinie ein wenig nach der konvexen Seite des Bildes im Vergleich zu der Stelle, welche der Absorptionslinie von der Wellenlänge λ entspricht, verschoben. Betrachten wir dagegen die innere Grenze der Sichel als die eigentliche Lage der Linie, so scheint es, als ob die Linie nach der anderen Seite verschoben ist. Dies stürzt uns in Schwierigkeiten, wenn wir die genaue Wellenlänge einer Chromosphärenlinie bestimmen wollen.

Übrigens können wegen Unregelmässigkeiten in den Dichteverhältnissen der Gase alle Arten von Abweichungen in der Intensitätsverteilung erwartet werden. Die Gruppe von Strahlen, deren Wellenlängen grösser als λ sind, kann intensiver sein oder umgekehrt. In solchen Fällen können die Verschiebungen der Chromosphärenlinie, sei es dass man die Grenze oder dass man den Schwerpunkt ins Auge fasst, ganz andere Werte annehmen. In der That sind solche Verschiebungen schon öfters beobachtet worden (von Campbell, Frost, Lord u. a.).

Die Figur zeigt uns ferner einen Fall, wo auf der konvexen Seite die Intensität des Systems schneller abnimmt, als auf der konkaven (also anders als man es bei einer oberflächlichen Betrachtung erwarten würde, weil doch die nicht spektroskopisch beobachtete Chromosphärensichel auf der konkaven Seite scharf begrenzt ist). Diese Eigentümlichkeit ist schon öfters beim Chromosphärenspektrum beobachtet worden (conf. Frost, Astrophys. Journ. **12**, 315, Dezember 1900).

Im allgemeinen können viele von den Unregelmässigkeiten in dem Verhalten der Linien der Chromosphäre und der „Flash", welche

von Mascari[1]), Campbell[2]), Brown[3]), Lord[4]), Frost[5]) und auch die Haupterscheinungen des Chromosphärenspektrums, welche noch vor kurzem von Sir Norman Lockyer[6]) diskutiert worden sind, leicht erklärt werden, wenn wir annehmen, dass die Linien durch anomale Dispersion hervorgerufen worden sind.

Einen zwingenden Beweis für die Richtigkeit unserer Erklärung würden wir erhalten, wenn wir nachweisen könnten, dass alle Chromosphärenlinien wirklich Doppellinien von der oben beschriebenen Art sind.

Ich habe deswegen schon öfters nach dunklen Kernen in den Chromosphärenlinien auf Photographien gesucht, die während früherer Sonnenfinsternisse aufgenommen wurden und habe in der That verschiedene Anzeichen derselben gefunden. Eine Platte aber, auf der diese Eigentümlichkeit die Regel war, wo alle Chromosphärenlinien doppelt waren, ist sicherlich noch nicht erhalten worden, da sonst die Erscheinung die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt hätte.

Die niederländische Expedition hatte das Glück, die ersten Platten zu erhalten, welche deutlich zeigen, dass alle Chromosphärenlinien doppelt sind.

Dies wichtige Resultat verdanken wir zunächst der grossen Sorgfalt, mit der Prof. Nyland den ganzen Plan zur Beobachtung mit der schönen Prismenkamera von Cooke entworfen und ausgearbeitet hat, und ferner der aussergewöhnlichen Exaktheit, mit der alle Handgriffe und Beobachtungen von ihm ausgeführt wurden. Möglicherweise wurde das Resultat ausserdem auch durch den in jeder anderen Hinsicht so ungünstigen nebligen Himmel günstig beeinflusst. Denn wäre das Licht nicht geschwächt worden, so wären auf der Platte breitere und zahlreichere Linien aufgetreten,und die Verdoppelung wäre vielleicht nicht ausgeprägter hervorgetreten als bei den früheren Gelegenheiten.

Kurz nach der zweiten Berührung wurden 5 Aufnahmen auf einer Platte, und zwar eine jede während 3/4 Sekunde gemacht. Eine jede zeigt nur 9 Linien, aber alle doppelt. Auf den vier für das Koronaspektrum bestimmten Platten werden einige der stärkeren Chromosphärenlinien durch oft unterbrochene Bogen dargestellt. Das Licht derselben rührt offenbar von Protuberanzen her, welche ziemlich weit über die Photosphäre reichen. Hier ist, wie wir nach unserer Theorie erwarten durften, die Verdoppelung nicht so augenscheinlich; an fast allen Stellen ist sie aber doch sichtbar.

Auf der sechsten Platte wurde eine andere Reihe von fünf Aufnahmen von je 3/4 Sekunde kurze Zeit nach dem dritten Kontakt gemacht. Auf dem ersten der so erhaltenen Spektra, welches von λ 3880 bis λ 5000 reichte, konnten 150 Doppellinien zwischen λ 3889 und λ 4600 gezählt werden; diese sind auch auf den anderen vier Spektren sichtbar, soweit als das zunehmende zerstreute Licht die Zählung erlaubt.[1])

In dieser ersten Aufnahme zeigen sich die Doppellinien am deutlichsten in einiger Entfernung von dem kontinuierlichen Spektrum des soeben erschienenen Sonnenrandes. Wir finden dort, parallel zum Spektrum, einen hellen schmalen Streif, welcher auf den folgenden Aufnahmen breiter wird, und welcher wahrscheinlich von einer kleinen Einbuchtung des Mondrandes oder einer kleinen Ausbuchtung des Sonnenrandes herrührt. Auf der fünften Aufnahme erscheint unter der so erhaltenen Lichtbande wiederum ein ähnlicher Streifen. Diese Banden geben sozusagen Wiederholungen des „Flash"-Spektrums (ein glücklicher Umstand, denn die Totalität war früher vorbei, als man berechnet hatte, und die Aufnahme wurde daher etwas später gemacht, als ursprünglich beabsichtigt war), so dass wir auf einer und derselben Aufnahme sowohl das reine Flash-Spektrum, als auch das kontinuierliche Spektrum der Sonne erhalten.

Mit Prof. Nyland habe ich ausführlich die Frage diskutiert, ob es möglich sei, den Ursprung der Doppellinien auf Fehler der Instrumente, wie ungleichmässige Bewegung des Siderostaten, Erschütterungen der Prismenkamera, Lichtreflexe[2]) u. s. w zurückzuführen, aber wir vermochten keine solche Fehlerquelle zu entdecken, und wir müssen daher schliessen, dass wir es hier mit einer Eigenschaft der chromosphärischen Linien zu thun haben.

Die Fraunhoferschen Linien sind im kontinuierlichen Spektrum nur schwach. Dies mag zum Teil von der Diffusion des Lichtes an den Wolken herrühren. Denn der gerade erscheinende Rand der Photosphäre, welcher bei der Prismenkamera dieselbe Rolle spielt, wie ein erhellter Spalt bei einem gewöhnlichen Spektroskop, war nicht scharf schwarz begrenzt, sondern von einer Aureole umgeben (dies kann in einigen unserer Koronaphotographien beobachtet werden). Die Wolken können jedoch nicht die einzige Ursache für die Schwäche der Absorptionslinien in dem ersten Stadium nach der

1) Mascari, Mem. Spettr. **27**, 83—89; Ref. Naturw. Rundsch. **13**, 618.
2) Campbell, Astroph. Journ. **11**, 226–233.
3) Brown, Astroph. Journ. **12**, 61—63.
4) Lord, Astroph. Journ. **12**, 66–67.
5) Frost, Astroph. Journ. **12**, 307—351.
6) Lockyer, Recent and coming Eclipses, Chapter X and XVIII, London 1900.

1) Auf den ursprünglichen Negativen kann man die Verdoppelung nur mit der Lupe beobachten. Vergrösserungen werden demnächst veröffentlicht werden.
2) Die Aufstellung der Apparate wird in dem Bericht eingehend besprochen werden.

Totalität sein, da diese Erscheinung auch bei klarem Himmel[1]) beobachtet worden ist. Es muss daher noch ein anderer Grund für das teilweise Fehlen der Linien vorliegen. Aus unserer Theorie folgt der Grund unmittelbar. Denn das Spektrum der Chromosphäre wird am Ende der Totalität mehr und mehr wie ein kontinuierliches Spektrum erscheinen, da immer mehr helle Linien auftreten, in denen eine jede nach unserer Hypothese eine doppelte Bande bildet, in welcher das Fehlen der absorbierten Wellen nicht so leicht beobachtet wird. Sobald aber ein Teil der Photosphäre erscheint, wird das schon vorhandene, scheinbar kontinuierliche Spektrum beherrscht durch das mehr wesentlich kontinuierliche Photosphärenspektrum, dessen „Spalt" durch zwei beinahe scharfe Kanten (die der Photosphäre und des Mondes) begrenzt wird.

In diesem Spektrum muss sich das Fehlen der absorbierten Wellen in der gewöhnlichen Form als Fraunhofersche Linien zeigen. Das Licht der Chromosphäre wird natürlich diese Linien zum Teil verdecken, aber im Vergleich mit dem direkten photosphärischen Licht ist es schwach genug, um die Linien dunkel erscheinen zu lassen. Unabhängig von der Gegenwart der Wolken müssen also die Absorptionslinien beim Übergang vom „Flash"-Spektrum zum Fraunhoferschen Spektrum anfangs schwach sein und abnorme relative Intensitäten zeigen, dann stärker werden, wobei die Intensitäten normal werden.

Da die Doppellinien nicht scharf definierte Objekte sind, so lässt sich die Breite dieser Systeme nur schwer angeben. Aber wir können auf die hellsten Teile der Komponenten einstellen und ihre Entfernung mit einem Mikrometer bestimmen. Dieselbe weicht für die verschiedenen Doppellinien ab, sie liegt jedoch in dem untersuchten Teil des Spektrums zwischen 0,7 und 1,6 Ångströms Einheiten. Breitere und schmälere Systeme folgen aufeinander in unregelmässiger Reihenfolge, aber im Durchschnitt scheint die Entfernung zwischen den Komponenten abzunehmen, wenn wir vom Grün zum Violett weiterschreiten. Vielleicht kann diese Thatsache von Wichtigkeit für die Dispersionstheorien sein.

Bei einigen Linien ist die intensivere Komponente diejenige mit der grösseren Wellenlänge, in anderen die mit der kürzeren. Manchmal treten sogar in einer Linie beide Fälle dicht bei einander auf (z. B. bei den Linien $H\delta$ und $H\gamma$ auf unserer Platte). Dies bedeutet, dass in benachbarten Stellen der Sonnenatmosphäre die Dichteverteilung im absorbierenden Gas eine verschiedene ist, dass nämlich die mittlere Dichte längs des Strahlenganges an der einen Stelle nach dem Sonnencentrum hin zunimmt, an der anderen Stelle nach dorthin abnimmt.

[1]) Campbell, Astrophys. Journ. 11, 228; April 1900.

Campbell[1]) giebt an, dass in manchen Fällen, wo dunkle und helle Linien zusammen auftreten, sie voneinander um 0,4 bis 0,5 Ångströms Einheiten entfernt sind. Dies ist ungefähr die Hälfte der Entfernung der Komponenten unserer Doppellinien. Wahrscheinlich hat es Campbell mit Fällen zu thun gehabt, wo eine der Komponenten stark markiert war. Ein ähnlicher Fall tritt auf unserer Photographie in $H\beta$ auf, wo die Komponente mit der grösseren Wellenlänge beinahe auf ihrer ganzen Länge stärker ist, als die mit der kleineren Wellenlänge, und dies ist der Fall nicht nur bei der dritten Berührung, sondern auch bei der zweiten und ebenso auf den 4 Platten, welche für das Koronaspektrum bestimmt waren und die bez. 5, 20, 190 und 60 Sekunden exponiert wurden.

Ich habe bis jetzt in keiner Chromosphärenlinie eine Eigentümlichkeit entdeckt, die uns zwingen könnte, auch nur einen Teil des Lichtes Strahlungen zuzuschreiben, welche von selbstleuchtenden Chromosphärengasen herrühren sollten. Nun können wir freilich kaum annehmen, dass diese Gase thatsächlich kein Licht aussenden. Es fragt sich daher nur, in welchen Fällen und inwieweit die Intensität der wahren chromosphärischen Emission gegen die viel grössere Intensität des anomal gebrochenen Lichtes der Photosphäre in Betracht kommt.

Vielleicht sind unsere Photographien nur zufälligerweise so ausserordentlich geeignet, um die durch anomale Dispersion bei der Erzeugung des Lichts der Chromosphäre gespielte Rolle zu zeigen, dass sie dadurch veranlassen, den Einfluss der anomalen Dispersion zu überschätzen.

Es wäre daher sehr interessant, wenn die Platten anderer Expeditionen von diesem Gesichtspunkt aus untersucht würden.

[1]) Campbell, Astrophys. Journ. 11, 229.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt).

(Eingegangen 23. November 1901.)

Die Geschwindigkeit der von heissen Drähten ausgehenden Ionen.

Von C. D. Child.

In der Physikalischen Zeitschrift 2, 488, 1901 wurde ein kurzer Bericht über die Geschwindigkeit der von heissen Platindrähten ausgehenden Ionen veröffentlicht. Ich hatte zur selben Zeit die Geschwindigkeiten der positiven und negativen Ionen verglichen und hatte gefunden, dass die

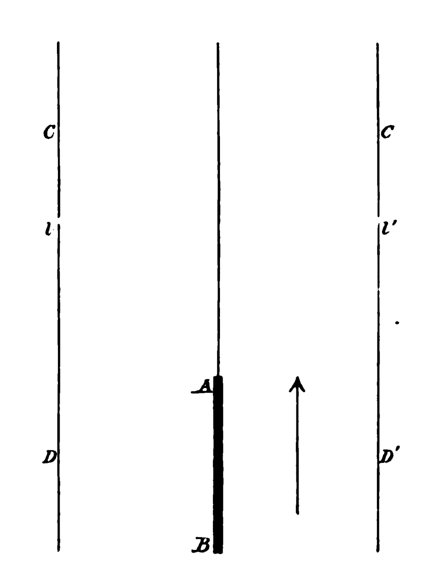
positiven Ionen sich schneller fortbewegten. Ich habe dann etwas später die von solchen Drähten ausgehende Entladung studiert und habe ein oder zwei Thatsachen zu verzeichnen gehabt, die auf diesen Gegenstand ein Licht werfen könnten.

Zunächst wurde gefunden, dass der Betrag der Entladung, die von einem positiv geladenen Draht auf einen ihn umgebenden Cylinder geht, ein Maximum hat, je nachdem die Temperatur des Drahtes erhöht wurde. Bei Rotglut wächst der Betrag der Entladung mit Zunahme der Temperatur, bleibt dann eine Zeit lang fast konstant und wird etwa bei Weissglut etwas geringer. Rutherford[1]) entdeckte, als er über die von einem heissen Platinblech ausgehende Entladung arbeitete, einen ähnlichen Effekt. Er erklärte diesen durch die Annahme, dass bei der höheren Temperatur Ionen ausgesendet werden, welche sich träger bewegen, als die vorher hervorgerufenen. Versuche mit dem um einen heissen Draht herrschenden Potential und Untersuchungen, gemacht an Luft, welche an solchen Drähten vorbei geblasen wurde, zeigen, dass die Entladungen von Ionen getragen wird, die an der Oberfläche des Drahtes hervorgerufen werden. Deshalb variiert die Menge des Stromes wie die durchschnittliche Geschwindigkeit der Ionen, und diese träger beweglichen Ionen verursachen, dass die gesamte Strommenge eine geringere wird.

Diese Erklärung scheint plausibel, und ich habe vermehrte Beweise ihrer Korrektheit gefunden. Es zeigte sich, dass die erste Abnahme der Entladung gerade bei der Temperatur beginnt, bei der negative Entladung auftreten konnte. Demnächst wurde gefunden, auf eine ähnliche Methode, wie sie Zeleny[2]) anwendete, als er die durch X-Strahlen hervorgerufenen Ionen untersuchte, dass eine ganz bestimmte Veränderung in der Geschwindigkeit der sich träger bewegenden Ionen gerade bei dieser Temperatur eintritt. Es zeigte sich also, dass bei dieser Temperatur die Ionisation aufhört, der Oberfläche des Metalles anzugehören, und sich auf das umgebende Gas ausdehnt.

Um diese Methode zu erklären, nehme ich Bezug auf die Figur CC' und DD' sollen zwei konzentrische Cylinder sein, die bei $e e'$ voneinander isoliert sind. Durch ihr Centrum geht ein Draht; AB ist der heiss gemachte Teil desselben und besteht aus Platin.

Wenn nun DD' und AB ein verschiedenes Potential haben, und wenn die Ionen in AB hervorgerufen werden, so gehen sie nach DD'. Wenn jedoch ein Luftstrom durch den Cylinder in der Richtung des Pfeiles geschickt wird,



werden einige der Ionen nach CC' abgelenkt werden, vorausgesetzt, dass CC' das gleiche Potential wie DD' hat.

Wenn indessen der Potential-Unterschied zwischen den beiden äusseren Cylindern und dem Drahte genügend gross ist, und wenn der Luftstrom nicht zu heftig ist, werden doch alle Ionen nach DD' gezogen, bevor der Luftstrom einige von ihnen nach CC' ablenken kann. Es ist augenscheinlich, je grösser die Ionengeschwindigkeit für die Einheit des Potentialgefälles ist, desto schwächer treibt notwendigerweise die Potentialdifferenz alle Ionen nach DD'. Die Gegenwart einer Entladung nach CC' kann durch ein mit CC' verbundenes Galvanometer gezeigt werden. Auf diese Weise wurde erstrebt, die Geschwindigkeiten der positiven und negativen Ionen zu vergleichen.

Bei dieser Vergleichung hatte ich jedoch keinen Erfolg, es wurde aber möglich, den grossen Wechsel in der Geschwindigkeit der sich träger bewegenden Ionen sichtbar zu machen, welcher bei höherer Temperatur eintritt. Es muss bemerkt werden, dass diese Methode nicht die durchschnittliche Geschwindigkeit der Ionen giebt, sondern nur die der sich träger bewegenden. Wenn die Ionen nicht alle von derselben Gattung sind, mögen die Bedingungen so liegen, dass die sich schnell bewegenden nach DD', die andern nach CC' gehen. Um also keine Entladung in diesem Cylinder zu erzeugen, ist es notwendig, alle Bedingungen einander so anzupassen, dass auch die langsamsten Ionen nach DD' gehen.

Ich werde von der Entladung eines positiven heissen Drahtes auf einen um ihn befindlichen negativen Cylinder als von der positiven Entladung sprechen. Dies ist ganz entgegen dem von manchen angenommenen Brauche, aber da wir jetzt einen Beweis haben für die That-

1) Science **14**, 891.
2) Phil. Trans. Roy. Soc. London **195**, 193.

sache, dass diese Entladung von den aus dem heissen Drahte hervorgehenden Ionen getragen wird, ist am besten, diese Entladung die positive und die in entgegengesetzter Richtung erfolgende die negative zu nennen.

Wenn der Draht so heiss war, eine positive Entladung aber nicht heiss genug, um eine negative zu verursachen, war es ganz leicht, die Bedingungen so einander anzupassen, dass eine Entladung nach CC' nicht stattfand. Beim Wachsen der Temperatur war hierzu nur ein um wenig grösserer Potential-Unterschied nötig. Dies zeigte, dass sich langsamer bewegende Ionen bei dieser Temperatur erzeugt wurden. Dieser Wechsel war gering, bis eine Temperatur erreicht wurde, welche hoch genug war, eine negative Entladung zu gestatten. Bei diesem Punkte fand ein gänzlicher Wechsel statt. Es war mir nicht länger möglich alle Ionen nach DD'' bei den mir zur Verfügung stehenden Potentialen gelangen zu lassen. Thatsächlich, je grösser der Potential-Unterschied, je grösser die Entladung nach CC'. Dies war sicher, wie gross auch immer der Abstand A von der Ebene ee', oder wie gross die Geschwindigkeit des Luftstromes war. Wenn ich aber die Bedingungen so geordnet hatte, dass eine Entladung nach CC' bei geringerem Potential-Unterschied nachgewiesen werden konnte, so konnte sie es auch bei höheren Potentialen.

Es wurde vermutet, dass vielleicht Konvektionsströme um den heissen Draht dieses Resultat herbeiführten. Der Apparat wurde demgemäss umgekehrt, aber der Effekt war der gleiche wie zuvor. Offenbar bewegten sich einige Ionen so langsam, dass die Unregelmässigkeiten der Konvektionsströme in jedem Falle genügten, um sie zu hindern, nach DD' zu gehen, wie gross auch immer die Potentialdifferenz sein mochte.

Aber ein noch interessanteres Faktum wurde entdeckt, wenn man DD' auf das gleiche Potential mit AB brachte. Unter diesen Bedingungen war kein Feld vorhanden, welches die Ionen von AB forttreibt und man konnte annehmen, dass keine Ionen durch den Luftstrom fortgerissen wurden und dass keine Entladung nach CC' ginge, eben weil der Cylinder auf einem von AB verschiedenen Potential gehalten wurde. Wenigstens sollte man dieses erwarten, wenn die ganze Ionisation an der Oberfläche des Kontaktes stattfindet. Wenn aber die Ionisation in dem um den Draht befindlichen Gase stattfindet, so würden einige Ionen fortgetragen werden und nach CC' gelangen.

Es wurde gefunden, dass, solange als AB auf einer Temperatur war, einzig hoch genug, um die positiven Ionen auszutreiben, unter diesen Umständen eine Entladung nach CC' nicht stattfand; wenn aber die Temperatur genügend hoch war, so dass entweder positive oder negative Entladungen von AB aus erfolgte, so ging die Entladung unter den beschriebenen Umständen nach CC'. Dies zeigt, dass die Ionisation bei niedrigerer Temperatur nur in in dem Metall oder an der Kontaktoberfläche erfolgt, dass aber bei höheren Temperaturen die Ionen ebensowohl in dem umgebenden Gase wie an der Oberfläche erzeugt werden.

Es wurde daran gedacht, dass möglicherweise bei höheren Temperaturen eine Ausströmung hervorgerufen würde, wie sie Rutherford beim Thorium studiert hat, aber bei der Prüfung darauf wurde nicht die Spur eines solchen Ausflusses entdeckt.

Wir finden also, dass bei einer ganz bestimmten Temperatur die negative Entladung anfängt und die positive abnimmt, ein Beweis für das erste Auftreten sich langsamer bewegender Ionen, und dass die Ionisation in grösserer als molekularer Entfernung von dem Drahte auftritt. Es kann hier ein kleiner Zweifel über den kausalen Zusammenhang dieser Thatsachen herrschen. Die Ionisation durch das Gas veranlasst den Beginn der negativen Entladung. Sehr langsam sich bewegende Ionen werden hervorgerufen bei dieser Ionisation, welche sich zeigen bei den Versuchen mit Luftströmung und ebenso in der Abnahme des Betrages der positiven Entladung.

Wenn das Platin, in Bezug auf das umgebende Gas, positiv ist, können, wie wir Grund haben anzunehmen, die negativen Ionen in dem Platin oder an der Kontaktstelle nicht entweichen wegen des Fallens des Potentials an der Oberfläche, während die positiven dies können. Positive Entladúng ist deshalb möglich, negative nicht.

Wenn zufällig fast die ganze Entladung von Ionen getragen wird, welche in der Luft erzeugt wurden, werden die positiven Ionen an der Oberfläche nur geringen Anteil haben, und da die negativen Ionen der Luft sich schneller als die positiven Luftionen bewegen, werden wir unter diesen Umständen eine negative Entladung haben, die grösser ist als die positive. Es wurde bereits in einigen Fällen, besonders bei lang anhaltendem Erhitzen und bei höherer Temperatur, bemerkt, dass die negative Entladung zuweilen grösser ist als die positive.

Dies wird insbesondere dann richtig sein, wenn das Gas um das Platin anstatt Luft Wasserstoff ist. Die grössere Geschwindigkeit der negativen Wasserstoffionen wird verursachen, dass die negative Entladung in diesem Falle besonders gross ist, so dass wir in Wasserstoff bei höheren Temperaturen immer eine grössere negative als positive Entladung haben.

Man hat angenommen, dass die Entladung des Platins verursacht werde durch einge-

schlossenen Wasserstoff.[1]) Wenn wir diese Annahme etwas einschränken und sagen, dass die Entladung bei geringerer Temperatur von eingeschlossenem Wasserstoff herrührt, so stimmt es mit den bekannten Thatsachen gut überein. Ich habe bis jetzt noch keinen Beweis für solche Erklärung, aber man kann leicht sehen, dass sie zutrifft für die Thatsache, dass die positiven Ionen, welche bei niedrigerer Temperatur aus dem Metall ausgetrieben wurden, eine grössere Geschwindigkeit haben als die negativen Ionen, welche bei höherer Temperatur in dem den Draht umgebenden Gase erzeugt wurden. Es ist wohl bekannt, dass, wenn die Ionisation durch andere Mittel, z. B. durch X-Strahlen, hervorgerufen wurde, die Wasserstoffionen sich schneller als die der anderen Gase bewegen.[2]) In der That bewegen sich die positiven Wasserstoffionen schneller als die negativen Ionen anderer Gase. Dies ist ohne Zweifel auch für die hier hervorgerufene Ionisation richtig. Wenn also die aus dem Innern des Metalles hervorkommenden Ionen durch eingeschlossenen Wasserstoff erzeugt werden, so werden sie natürlich eine grössere Geschwindigkeit haben, als die negativen Ionen, welche in dem das Metall umgebenden Gase hervorgerufen werden.

Der Betrag an Wasserstoffgas, welcher nötig ist, um die positive Entladung zu ermöglichen, ist ganz unbedeutend im Vergleich zu der möglicherweise eingeschlossenen Menge Wasserstoff.

Ich habe auch einige Beobachtungen gemacht über den Betrag der Entladung, wenn der Druck des umgebenden Gases vermindert wurde. Ähnliche Versuche sind bereits durchgeführt, haben aber keine genauen Angaben über den Betrag der Entladung von einem Draht auf einen umgebenden Cylinder geliefert, woraus dann die Geschwindigkeit der Ionen hätte gemessen werden können.

Ich habe gefunden, dass beide, sowohl positive wie negative Anteile der Entladung sehr schnell mit abnehmendem Druck des Gases wachsen. Dies wurde schon von Anderen beobachtet.[3]) Einmal betrug die Stärke des Stromes von 5 cm Draht auf einen umgebenden Cylinder von 4,5 cm innerem Durchmesser $3{,}2 \times 10$ Ampere, wenn die Potentialdifferenz 45 Volt und der Luftdruck etwa 5 mm Quecksilbersäule war. Wenn in diesem Falle die Ionisation in oder in der Nähe der Oberfläche des Drahtes stattfand, würde es eine Geschwindigkeit von 1800 cm pro Sekunde für ein Potentialgefälle von 1 Volt pro Centimeter bedeuten.

Ich hoffe, bald mit meinen Untersuchungen vorgeschritten zu sein und Näheres veröffentlichen zu können.

Colgate Universität, 20. November 1901.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Karstens.)

(Eingegangen 3. Dezember 1901.)

1) Wied. Ann. **33**, 289, 1888.
2) Phil. Trans. Roy. Soc. London **195**, 231.
3) Wied. Ann. **33**, 320, 1888.

Über die Reflexion der Kathodenstrahlen.



Von J. Stark.

1. Prinzip der Erklärung.

Wer in den Kathodenstrahlen freie bewegte negative Elektronen sieht, der wird von vornherein darauf verzichten, zur Erklärung der Reflexion der Kathodenstrahlen die Vorstellungen heranzuziehen, die wir von der Reflexion der Lichtstrahlen haben.

Ein Elektron besitzt im Vergleich zu einem chemischen Atom oder Molekül eine kleine Masse. Für ein Elektron ist darum die Oberfläche eines festen Körpers nicht etwas stetig Massives, sondern eine Fläche, auf der unregelmässig mit relativ grossen Zwischenräumen einzelne Massenteilchen verteilt sind. Treffen die Teilchen der Kathodenstrahlen auf eine solche Fläche, so stossen sie in geradliniger Verfolgung ihrer Bahn nur zu einem kleinen Teile auf Massenteilchen (Atome und Moleküle); die geradlinige Fortsetzung der Bahn der übrigen Elektronen dringt in die Lücken zwischen den Massenteilchen ein.

Wir wollen nun annehmen, dass *zwischen den Massenteilchen der festen Oberfläche und den in ihrer Nähe vorbeifliegenden Kathodenstrahlteilchen eine Kraft auftritt.* Über diese Kraft wollen wir vorderhand lediglich annehmen, dass sie die Kathodenstrahlteilchen nach dem Mittelpunkte der nächsten Massenteilchen hin von ihrer Bahn abzulenken sucht und mit wachsendem Quadrat des Abstandes von jenem Mittelpunkt abnimmt. Wir haben uns die feste Oberfläche gleichsam als eine Wand von vielen Sonnen mit Zwischenräumen vorzustellen, die Kathodenstrahlteilchen als Kometen, welche auf diese Sonnen sich zubewegen.

Die Wirkung der Kraft zwischen den Kathodenstrahlteilchen und den Massenteilchen der festen Oberfläche ist eine zweifache. Ziehen wir den einfachen Fall in Betracht, dass nur *ein* Massenteilchen auf ein Kathodenstrahlteilchen ablenkend mit einer Kraft wirkt. Die Bahn des Kathodenstrahlteilchens verlässt dann in der Nähe des Massenteilchens ihre geradlinige Richtung und krümmt sich zu einem Kegelschnitt, in dessen einem Brennpunkt das Massenteilchen

steht. Es sind nun zwei Fälle möglich. Es kann der Abstand des Kathodenstrahlteilchens vom Mittelpunkte des Massenteilchens im Perihel kleiner werden als der Radius des Massenteilchens; dann stösst jenes mit diesem zusammen. Und darin besteht die erste Wirkung der Kraft zwischen den Kathodenstrahl- und Massenteilchen; sie vermehrt nämlich die Zahl der Zusammenstösse zwischen ihnen. Ist zweitens der Abstand im Perihel grösser, so tritt zwar kein Zusammenstoss ein; aber die Kathodenstrahlteilchen werden durch jene Kraft abgelenkt auf Kegelschnitte; die Ablenkung, der Winkel zwischen der geradlinigen Verlängerung des einfallenden Strahles und dem zurückgeworfenen Strahl, ist um so grösser, je kleiner der Abstand ist zwischen dem ablenkenden Massenteilchen und dem einfallenden geradlinigen Kathodenstrahl. Da dieser Abstand alle möglichen Werte für die Teilchen eines einfallenden Bündels von Kathodenstrahlen hat, so werden diese nach allen möglichen Richtungen von ihrer Bahn durch jene Kraft abgelenkt oder zerstreut und zwar nach beiden Seiten der festen Oberfläche; diese zerstreut die auf sie fallenden Kathodenstrahlen in den festen Körper hinein wie rückwärts in den an ihm liegenden Gasraum. In dieser Zerstreuung der Kathodenstrahlen an einer festen Oberfläche nach rückwärts besteht die Reflexion der Kathodenstrahlen.

Wie man ohne weiteres sieht, muss die Reflexion der Kathodenstrahlen eine diffuse sein. Es kann ferner grössere oder geringere Politur der reflektierenden festen Fläche keinen Einfluss auf die Reflexion haben. Endlich erkennt man auch ohne weiteres, dass nicht bloss die oberste Lage des von Kathodenstrahlen getroffenen festen Körpers diffus reflektiert, sondern dass auch die tiefer liegenden Schichten durch die Lücken der vorhergehenden hindurch Kathodenstrahlen diffus in den Gasraum zurücksenden.

Die Bahn der reflektirten Kathodenstrahlen ist nicht ausnahmslos und streng kegelschnittförmig, da in der reflektierenden Oberfläche im allgemeinen nicht bloss ein einziges Massenteilchen ablenkend auf einen Kathodenstrahl wirkt. Der Einfachheit wegen seien aber hier in erster Linie kegelschnittförmige Bahnen ins Auge gefasst. Die Bahnen können also Ellipsen, Parabeln und Hyperbeln sein. Die Ellipsen aber kommen für die experimentelle Untersuchung nicht in Betracht, da sie unmittelbar an der reflektierenden Oberfläche verlaufen. Zur Beobachtung gelangen nur parabolisch und hyperbolisch zurückgeworfene Kathodenstrahlen. Jene sind hierbei weit in der Minderzahl, da sie lediglich einen Grenzfall darstellen.

2. Geschwindigkeit der reflektierten Kathodenstrahlen.

Stossen Kathodenstrahlen auf die Massenteilchen einer festen Oberfläche, so geben sie an diese kinetische Energie ab, wie aus der von ihnen bewirkten Erwärmung geschlossen werden kann. Infolge eines Zusammenstosses nimmt also die Geschwindigkeit eines Kathodenstrahles ab.

Stösst ein Kathodenstrahlteilchen nicht mit einem Massenteilchen zusammen, wird es lediglich auf eine kegelschnittförmige Kurve abgelenkt, so hat es wohl im Perihel eine grössere Geschwindigkeit als vor der Annäherung an das Massenteilchen; hat es sich aber von ihm wieder entfernt, so ist es zwar abgelenkt, besitzt indessen wieder seine ursprüngliche Geschwindigkeit.

Die reflektierten Kathodenstrahlen bestehen zum Teil aus Strahlen, welche mit einem Massenteilchen zusammenstiessen, zum Teil aus Strahlen, welche lediglich abgelenkt wurden. Untersucht man die reflektierten Kathodenstrahlen auf ihre Geschwindigkeit mittels der elektrischen oder magnetischen Ablenkung, so findet man einmal Strahlen, welche dieselbe Geschwindigkeit besitzen, wie die primären Strahlen vor der Reflexion, sodann Strahlen von jeder beliebigen kleineren Geschwindigkeit. Dies haben in der That Messungen von Gehrcke[1]) ergeben. Wie sich theoretisch leicht klar machen lässt, muss im magnetischen Spektrum der reflektierten Kathodenstrahlen die Intensität von der Kante des Spektrums weg um so schneller abnehmen, je grösser die Kraft zwischen den negativen Elektronen und den reflektierenden Metallteilchen ist. Nach Gehrcke ist diese Abnahme der Intensität bei Platin eine raschere als bei Magnesium.

3. Abhängigkeit der Reflexion der Kathodenstrahlen von der Geschwindigkeit.

Bei gegebenem Abstand eines ablenkenden Massenteilchens der reflektierenden Oberfläche von der geradlinigen Bahn eines einfallenden Kathodenstrahlteilchens ist dessen Ablenkung von seiner ursprünglichen Richtung um so kleiner, je grösser die Geschwindigkeit des einfallenden Kathodenstrahles ist, oder mit anderen Worten, je grösser die Spannungsdifferenz ist, welche dem Kathodenstrahle seine Geschwindigkeit verlieh. Die Menge der von einer festen Oberfläche zurückgeworfenen Kathodenstrahlen muss darum abnehmen,

1) E. Gehrcke, Ber. d. Berliner Akad. S. 461, 1901.

wenn die sie erzeugende Elektroden- oder Entladespannung zunimmt.

Diese theoretische Folgerung steht allerdings zu einer Erklärung H. Starkes[1] in Gegensatz, der auf Grund seiner so wertvollen Messungen behauptet, dass das Reflexionsvermögen eines Metalles für Kathodenstrahlen unabhängig sei von der Elektrodenspannung. Bei genauerer Betrachtung seiner Zahlen und Weglassung der weniger sicheren Werte bei niedriger Elektrodenspannung finde ich aber, dass das Reflexionsvermögen in der That abnimmt mit wachsender Elektrodenspannung. Zum Belege diene die Figur 1; sie giebt in drei Messungs-

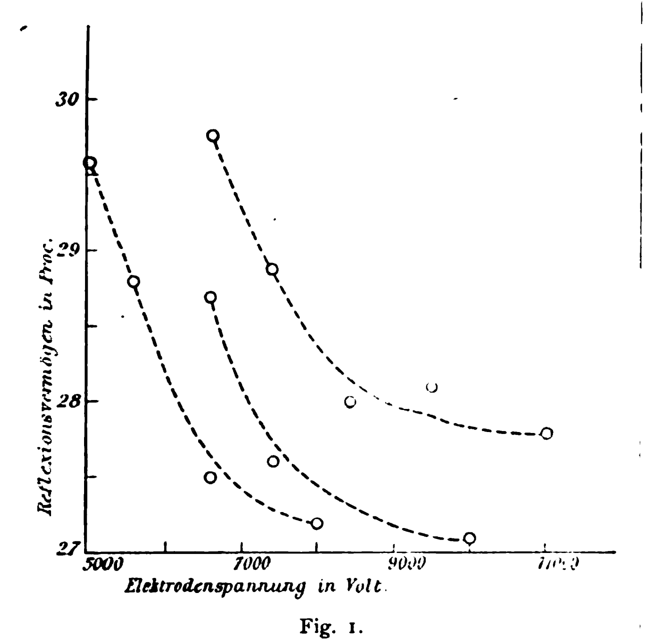


Fig. 1.

reihen Starkes an Aluminium die Beziehung zwischen Reflexionsvermögen und Elektrodenspannnung in einem günstigen Massstabe.

Im vorstehenden ist die Wirkung der Kraft zwischen Massen- und Kathodenstrahlteilchen nur insofern in Betracht gezogen, als sie die Richtung der reflektierten Strahlen beeinflusst, nicht insofern, als sie die Zahl der Zusammenstösse vermehrt. Aber auch diese hängt offenbar von der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen ab. Mit wachsender Elektrodenspannung, also mit wachsender Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen nimmt die Zahl der durch Ablenkung erzwungenen Zusammenstösse ab; diese Abnahme bedeutet eine Zunahme der ohne Zusammenstoss zurückgeworfenen Kathodenstrahlen, also eine Zunahme der Reflexion. Im Zusammenhalt mit dem obigen entgegengesetzten Resultat kommt man zu folgender theoretischer allgemeiner Folgerung über den Zusammenhang zwischen der Reflexion und der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen. Mit anfänglich kleiner wachsender Elektrodenspannung nimmt die Intensität der reflektierten Kathodenstrahlen von einem kleinen Wert an erst ziemlich rasch bis zu einem Maximum zu, dann nimmt sie bei weiter steigender Elektrodenspannung wieder ab und strebt einem konstanten Werte zu; die Elektrodenspannung, welche maximale Reflexion hervorbringt, ist bei verschiedenen Metallen verschieden gross und zwar um so grösser, je grösser die Kraft zwischen den negativen Elektronen und den reflektierenden Metallteilchen ist.

[1] H. Starke, Ann. d. Phys. 3, 95, 1900.

4. Intensität der reflektierten Kathodenstrahlen in verschiedenen Emanationsrichtungen.

Auch bei den Kathodenstrahlen heisst Einfallswinkel der Winkel zwischen der Richtung des einfallenden Kathodenstrahlenbündels und der Normalen der reflektierenden Fläche, Emanationswinkel der Winkel zwischen dieser Normalen und einer der verschiedenen Richtungen der diffus reflektierten Kathodenstrahlen. Für diffus reflektierte Lichtstrahlen gilt das Lambertsche Kosinusgesetz. Es ist von vornherein zu erwarten, dass dieses für die Reflexion der Kathodenstrahlen nicht gilt.

Auf Grund unseres Erklärungsprinzipes betrachten wir zunächst den Fall der senkrechten Incidenz. In diesem wie in jedem anderen Falle werden nach allen Richtungen Kathodenstrahlen reflektiert. Für Emanationswinkel nahe 90^0 muss die Intensität (Menge der mitgeführten negativen Ladung) der reflektierten Strahlen klein sein, weil diejenigen, welche von tieferen reflektierenden Schichten kommen, auf ihrem relativ langen Wege in den oberen Schichten durch Absorption (Zusammenstoss) geschwächt werden. Mit abnehmendem Emanationswinkel wächst dann die Intensität der reflektierten Strahlen und strebt einem Maximum zu. Dieses liegt indessen, wie wir theoretisch folgern müssen, nicht in der Emanationsrichtung 0^0, sondern nur in deren Nähe. Genau in der Richtung der einfallenden Strahlen zurück werden nämlich, abgesehen von den durch Zusammenstoss geschwächten Strahlen, nur wenige in parabolischer Bahn zurückgeworfen werden. In der Einfallsrichtung muss darum die Intensität der reflektierten Strahlen ein kleines relatives Minimum besitzen; nahe daran muss das Maximum der Intensität liegen. Der Winkel zwischem dem Minimum in der Einfallsrichtung und dem Maximum ist bei senkrechter Incidenz

klein. Jenes Minimum ist in den bisherigen Messungen noch nicht gefunden worden; diese erstreckten sich nicht auf Emanationswinkel kleiner als 20^0.

Bei schiefer Incidenz ist für die Emanationsrichtung 90^0 wieder ein absolutes Minimum vorhanden. Die räumliche Verteilung der Intensität der reflektierten Strahlen ist nicht mehr symmetrisch in Bezug auf das Einfallslot oder in Bezug auf die Einfallsrichtung. In dieser muss indes wieder ein relatives Minimum der Intensität liegen, auf dieses folgt in der Richtung gegen das Einfallslot wieder ein Maximum der Intensität. Jenes wird mit wachsendem Einfallswinkel verwaschener, dieses dagegen tritt deutlicher hervor.

Der Winkel zwischen Minimum und Maximum der reflektierten Intensität wächst mit dem Einfallswinkel. Dies kann man sich auf Grund folgender Überlegung klar machen. M_1, M_2 und M_3 (Fig. 2) seien Massen-

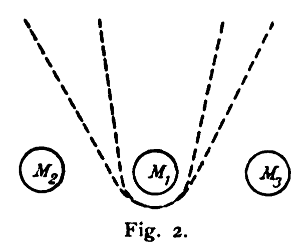


Fig. 2.

teilchen der reflektierenden Fläche. Wir betrachten den Fall, dass der Abstand des Mittelpunktes M_1 von der geradlinigen Einfallsbahn eines Kathodenstrahlteilchens konstant sei, dass dagegen der Einfallswinkel von kleinen zu grossen Werten wachse. Bei kleinen Einfallswinkeln bleibt das Kathodenstrahlteilchen von M_2 und M_3 entfernt, es unterliegt in der Hauptsache nur der Ablenkung durch M_1 und wird fast wieder in die Einfallsrichtung zurückgeworfen. Bei grösseren Einfallswinkeln kommt das Kathodenstrahlteilchen auch in die Wirkungssphäre von M_2 und M_3; es wird durch diese in entgegengesetzter Richtung von seiner Einfallsbahn abgelenkt wie durch M_1. Die gesamte Ablenkung ist darum nunmehr kleiner als zuvor; das Maximum der Intensität der reflektierten Kathodenstrahlen muss darum mit wachsendem Einfallswinkel von der Einfallsrichtung wegrücken.

Der Winkel zwischen dem Maximum der reflektierten Intensität und ihrem relativen Minimum in der Einfallsrichtung muss ferner um so kleiner sein, je grösser die ablenkende Kraft ist. Man kann schliessen, dass diese um so grösser ist, je grösser das Reflexionsvermögen ist. Dieses ist beispielsweise bei Aluminium kleiner als bei Silber, bei diesem kleiner als bei Platin. Für einen Incidenzwinkel von 45° liegt nun nach den Messungen von W. Seitz[1]) das Maximum der reflektierten Intensität bei Aluminium auf der entgegengesetzten Seite des Einfallslotes wie die primären Strahlen, bei Silber und Platin auf derselben Seite, bei Platin näher an der Einfallsrichtung als bei Silber.

Der Schluss, dass die ablenkende Kraft um so grösser sei, je grösser das Reflexionsvermögen ist, wird dadurch unsicher, dass für die reflektierte Intensität der Kathodenstrahlen nicht bloss die ablenkende Kraft der einzelnen Massenteilchen, sondern auch die Dichte ihrer räumlichen Verteilung in Betracht kommt. Mehr Sicherheit hat der Schluss von der Lage des Maximums der reflektierten Intensität auf die Grösse der ablenkenden Kraft. Wir erhalten dann folgendes Resultat: Die Kraft zwischen den negativen Elektronen und den reflektierenden Teilchen eines Metalles ist um so grösser, je kleiner der Winkel zwischen der Einfallsrichtung und der Richtung maximaler Reflexion ist; so ist sie bei Aluminium kleiner als bei Silber, bei diesem kleiner als bei Platin. Dieses Resultat wird eine weittragende Bedeutung gewinnen für die Beurteilung elektromotorischer Kräfte in Grenzflächen. Im Einklang mit Obigem steht der Befund Gehrckes, dass das magnetische Spektrum der an Magnesium reflektierten Strahlen eine andere Intensitätsverteilung zeigt als der an Platin reflektierten.

5. Natur der ablenkenden Kraft.

Zur Erklärung der Erscheinungen der Reflexion der Kathodenstrahlen haben wir hypothetisch eine Kraft zwischen den Kathodenstrahlteilchen und den Massenteilchen eines reflektierenden Körpers eingeführt. Diese Kraft kann die Gravitation zwischen der Masse hier und dort sein. Indes dürfte der Anteil der Gravitationskraft an der Zerstreuung der Kathodenstrahlen nur ein geringer sein. Die Kraft, die wir in erster Linie für die Zerstreuung verantwortlich machen müssen, ist wohl die elektrische zwischen den Kathodenstrahl- und den Massenteilchen des reflektierenden Körpers. Jene sind ja elektrisch geladen, sie wirken darum mit einer elektrischen Kraft auf neutrale Teilchen des reflektierenden Körpers und mit einer noch grösseren Kraft auf freie positive und negative Ionen in diesem.[2])

6. Fehlerquelle bei der Untersuchung der Reflexion der Kathodenstrahlen.

In den meisten bisherigen experimentellen Untersuchungen über die Reflexion der Ka-

1) W. Seitz, Ann. d. Phys. **6**, 10, 1901.
2) Diese Zeitschr. **2**, 233, 1900.

thodenstrahlen bestand der Käfig, der zum Auffangen der negativen Ladung der reflektierten Strahlen diente, aus Aluminium; der Reflektor war ebenfalls Aluminium oder ein anderes Metall, wie Kupfer, Eisen, Silber, Platin. Auffänger und Reflektor sind hierbei durch ein Bündel Kathodenstrahlen miteinander verknüpft; diese aber ionisieren das von ihnen durchlaufene Gas. Zwischen Auffänger und Reflektor kann darum ein elektrischer Leitungsstrom sich herstellen, sowie zwischen ihnen eine Spannungsdifferenz vorhanden ist. Das Auftreten einer solchen störenden Spannungsdifferenz glaubte man bisher dadurch zu verhindern, dass man den Reflektor und den Auffänger direkt bez. über ein Galvanometer mit nicht zu grossem Widerstande zur Erde ableitete.

Indes auf diese Weise beseitigte man lediglich die Spannungsdifferenz, die sich infolge der Zufuhr negativer Ladung zwischen Reflektor und Auffänger ausbilden könnte. Bestehen aber diese aus verschiedenem Metall, so bleibt ihre Voltasche Spannungsdifferenz zwischen ihnen zurück. Diese beträgt für Aluminium und Platin etwas mehr als 1 Volt; sind darum die beiden Metalle als Auffänger und Reflektor einerseits durch die Erdleitung, andererseits durch das ionisierte Gas (reflektierte Kathodenstrahlenbündel) miteinander verbunden, so fliesst in diesem Kreis ein Strom und zwar führt dieser die negativen Ionen vom Platin zum Aluminium durch das verdünnte Gas. Dieser Leitungsstrom wirkt darum auf das Galvanometer, das den Auffänger ableitet, im gleichen Sinne wie die Reflexion der Kathodenstrahlen. Ein solcher Leitungsstrom zwischen zwei verschiedenen Metallen durch ein Gas, das durch Kathodenstrahlen ionisiert wird, bedingt durch die Voltasche Spannungsdifferenz, ist von S. Arrhenius[1]) nachgewiesen worden. Ferner hat A. A. Campbell Swinton[2]) bei seiner Untersuchung der Reflexion der Kathodenstrahlen eine ihm sehr merkwürdig erscheinende aus dem Verschwinden der Voltadifferenz im Elektrometer sich erklärende scheinbare positive Ladung des Auffängers bis über 1 Volt für den Fall beobachtet, dass nur wenige reflektierte Kathodenstrahlen von einem Platinreflektor in einen Auffänger aus Messing gelangen konnten.

Nun ist man geneigt, den Einfluss einer Spannungsdifferenz von 1 Volt zwischen Reflektor und Auffänger als klein zu betrachten. In Wirklichkeit aber ist er nicht sehr klein. H. Starke[3]) fand, dass der Ausschlag des Galvanometers, welches den Auffänger ableitete und die Intensität der reflektierenden Strahlen mass, 18 mm betrug, wenn der Reflektor Erdspannung besass, dass er aber auf 26 mm stieg, wenn der Reflektor auf —2 Volt geladen wurde. Durch diese 2 Volt wurde demnach die Intensität der reflektierten Strahlen um 38% gefälscht, durch 1 Volt Spannungsdifferenz wäre sie um 19% vergrössert worden.

Bei Berücksichtigung der im vorstehenden bezeichneten Fehlerquelle werden sich zwar die Reflexionsvermögen einiger Metalle kleiner ergeben, doch dürfte die Stellung der einzelnen Metalle in der Reihe des Reflexionsvermögens dadurch nicht geändert werden.

Göttingen, den 1. Dezember 1901.

(Eingegangen 22. Dezember 1901.)

1) S. Arrhenius, Wied. Ann. **33**, 638, 1888.

2) A. A. Campbell Swinton, Proc. Roy. Soc. **64**, 393, 1899.

3) H. Starke, Wied. Ann. **66**, 53, 1898.

Bemerkungen zur elektrischen Strömung durch hohe Vakua.

Von J. Stark.

1. Der Äther als „Elektrizitätsleiter".

Über die Elektrizitätsleitung im absoluten Vakuum, d. h. im reinen Äther, bestanden diametral entgegengesetzte Ansichten. Eine kleine Partei behauptete, er sei ein vollkommener Leiter; die grosse Gegenpartei erwiderte, er sei ein vollkommener Isolator. Im Lichte der Ionentheorie kann man die fraglichen Begriffe deutlich unterscheiden und beiden Parteien gerecht werden.

Die Ionentheorie denkt sich die Elektrizität als ein im Raume existierendes Etwas von konstanter Menge, verteilt sie atomistisch und sieht in den Ionen frei bewegliche Elektrizitätsteilchen, die in dem Äther beweglich eingebettet liegen. Der elektrische Strom ist eine Strömung der Ionen in bestimmter Richtung. Ein Leiter ist ein Körper, welcher Ionen enthält. Die spezifische Leitfähigkeit λ ist eine zusammengesetzte Grösse; ist n_p bez. n_n die positive bez. negative Ionisation (Zahl der Ionen in der Volumeneinheit), v_p bez. v_n die spez. Ionengeschwindigkeit, ε die Ionenladung, so gilt bei Zulässigkeit des Ohmschen Gesetzes $\lambda = \varepsilon.(n_p \cdot v_p + n_n \cdot v_n)$.

Hat man ein absolutes Vakuum oder reinen Äther, ist also in diesem kein Massenteilchen vorhanden, so ist offenbar für ihn $n_p = n_n = 0$ und darum auch $\lambda = 0$. Der reine Äther oder das absolute Vakuum ist in diesem Sinne kein Leiter, sondern ein vollkommener Isolator; es können in ihm wohl zeitliche und räumliche Variationen der elektrischen und magnetischen Kraft, beispielsweise elektromagnetische Schwingungen erfolgen, aber es ist in ihm keine elektrische Strömung möglich, eben weil das Wort „rein" oder „absolut"

das Vorhandensein von Elektrizität oder Ionen ausschliesst.

Anders ist es, wenn man im Äther Ionen vorhanden sein lässt und seinen Einfluss auf deren Bewegung in Zusammenhang mit dem Worte Leitung bringt. Die astronomischen Erscheinungen lassen schliessen, dass ein Ion bei seiner Bewegung durch den Äther, Strahlung ausgeschlossen, eine unendlich kleine Reibung erfährt. Würde man darum einen Leiter herstellen können, der in seinem mit Äther erfüllten Volumen nur Ionen, nicht auch neutrale Teilchen enthält, und liesse sich für diesen Leiter das Ohmsche Gesetz noch anwenden, so würden v_p und v_n und auch λ einen sehr grossen Wert haben; man würde den denkbar vollkommensten Elektrizitätsleiter besitzen. Insofern der Äther der Bewegung eines Ions keinen Widerstand entgegensetzt, könnte man ihn einen vollkommenen Elektrizitätsleiter nennen. Aber damit wird der Sinn der Definition des Leiters verschoben. Man thut gut, an dieser festzuhalten. Die Frage nach der Elektrizitätsleitung des Äthers hat dann nach dem Vorstehenden überhaupt keinen Sinn mehr.

2. Verdünnte Gase als Elektrizitätsleiter.

Der kleinste Gasdruck, den wir mit unsern Mitteln herstellen können, liegt wohl nicht unter 0,00001 mm. Bei 760 mm und 0^0 ist die Zahl der Gasteilchen in 1 cm^3 gleich $2,4 \cdot 10^{19}$ (Drude, Planck); bei jenem Druck ist sie darum $3,1 \cdot 10^{11}$. Mit unserer bisherigen Evakuationstechnik bleiben wir demnach von dem absoluten Vakuum um 11 Dezimalen entfernt. Selbst bei dem uns möglichen höchsten Vakuum haben wir es also immer mit Gasteilchen zu thun und wir müssen uns die Strömung durch hohe Vakua ebenfalls durch Gasionen vermittelt denken.

Von einer Berechnung der spez. Leitfähigkeit hoch verdünnter Gase nach der obigen Formel kann deswegen nicht mehr die Rede sein, weil für sie das Ohmsche Gesetz nicht mehr gilt.[1]) Immerhin aber kann man sich folgendes klar machen über die zwei Faktoren, von denen in erster Linie die Stromstärke abhängt.

Ist die Ionisation in einem Gase konstant, so wächst die Stärke des durchgehenden Stromes mit abnehmendem Druck und ist bei sehr kleinen Drucken sehr gross, weil die mittlere freie Weglänge der Ionen mit abnehmendem Gasdruck wächst.

Indes nimmt unter sonst gleichen Umständen die Ionisation eines Gases ab mit sinkendem Drucke. Es absorbiert nämlich ein Gas von der Energie, durch welche es ionisiert wird, um so weniger in der Volumeneinheit, und wird dann um so weniger ionisiert, je kleiner sein Druck ist. Dies gilt auch von dem ionisierenden Stoss seiner Ionen. Ist V die Elektrodenspannung des durchströmten Gases, J_g die Stromstärke, so ist $J_g \cdot V$ die im Gas geleistete elektrische, primär in kinetische Ionenenergie verwandelte Arbeit. Der Anteil dieser Energie, der auf die Ionisierung neutraler Teilchen verwandt wird, und damit auch die durch sie erzeugte Ionisation ist um so kleiner, je kleiner der Gasdruck ist; gleichzeitig steigt der Energiebetrag, welcher von den bewegten Ionen an die feste Begrenzung des durchströmten Gases, nämlich an die Elektroden und die Gefässwände, abgegeben wird. Die auf diese Weise bewirkte Abnahme der Ionisierung ist der Grund, warum bei kleinem sinkendem Druck und konstanter Elektrodenspannung die Stromstärke nicht wächst, sondern abnimmt.

3. Einfluss der Gefässwände auf die Strömung an der Kathode.

Das Verhalten des negativen Glimmlichtes wird häufig in folgender Weise beschrieben. „Das negative Glimmlicht bedeckt bei höheren Drucken nur einen Teil der Kathodenoberfläche. Mit abnehmendem Drucke wächst die Dicke des Kathodendunkelraumes und gleichzeitig auch die Basis des negativen Glimmlichtes. Dieses bedeckt schliesslich die ganze Oberfläche der Kathode (Fig. 1).“ Soweit ist nichts

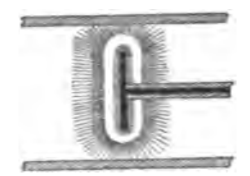


Fig. 1.

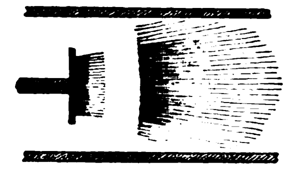


Fig. 2.

einzuwenden; man fährt aber in der Regel folgendermassen weiter. „Bei weiter sinkendem Drucke zieht sich die Basis des negativen Glimmlichtes wieder zusammen und bedeckt schliesslich nur mehr die Mitte der nach der Anode gewandten Kathodenseite; diese allein ist dann der Ausgangspunkt der Kathodenstrahlen (Fig. 2).“

Wenn man hiermit das normale Verhalten des negativen Glimmlichtes bei niedrigen Drucken kennzeichnen will, so begeht man einen schweren Fehler. Jenes Verhalten ist nämlich abnormal und sekundär durch die Nähe der Glaswand bedingt. Wählt man deren Entfernung von der Kathode genügend gross, so bleibt auch bei den niedrigsten Drucken die ganze Kathodenoberfläche mit negativem Glimmlicht bedeckt und sendet an allen ihren Punkten Kathodenstrahlen aus (Fig. 3). Jenes abnormale Verhalten erklärt sich in folgender Weise.

1) Ann. d. Phys. 5, 90, 797, 1901.

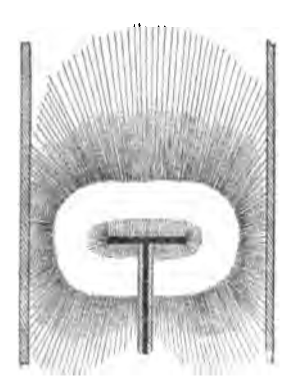


Fig. 3.

Wie ich in einer demnächst in den Annalen der Physik erscheinenden Abhandlung ausführlich dargelegt habe, ist sowohl die negative Glimmschicht, wie die erste Kathodenschicht eine Ionisierungspartie. Hier ionisieren die positiven Ionen durch ihren Stoss das Gas, dort die negativen; die eine liefert der anderen Ionen zur Aufrechterhaltung der Ionisation. Schirmt man die von der negativen Glimmschicht ausgehenden auf die Kathode zuschiessenden positiven Ionen von einem Teil der Kathode ab, indem man zwischen diese und den Anfang der negativen Glimmschicht einen festen Körper stellt, so verschwindet, wie A. Wehnelt[1]) gezeigt hat, an diesem Teil die erste Kathodenschicht und mit ihr die Ionisierung; der Teil kann umgekehrt nicht wieder negative Ionen in die negative Glimmschicht zur Ionisierung senden; darum verschwindet auch der ihm gegenüberliegende, von ihm abhängige Teil der negativen Glimmschicht. Das Resultat ist, dass die freie Kathodenoberfläche um jenen von dem Körper vor positiven Ionen geschützten Teil verkleinert erscheint. In gleicher Weise wie der schattenwerfende Körper wirkt nun auch die Glaswand, sowie die Dicke des Kathodendunkelraumes grösser geworden ist als ihr Abstand von dem zunächst liegenden Teil der Kathode, sowie sich also die Wand zwischen einen Teil der negativen Glimmschicht und die Kathode schiebt. Die Glaswand nimmt dann gleichzeitig eine starke negative Ladung an. Diese kann schwer abfliessen, da ja nunmehr die Ionisation im benachbarten Gasraum sehr klein ist. Aus diesem Grunde muss dann auch die Aussendung von Kathodenstrahlen auf der Rückseite der Kathode aufhören.

Als Gesetz[2]) des Kathodenfalls K habe ich folgende Formel angegeben:

$$K = K_n + \frac{k}{p \cdot f^{\frac{1}{2}}} (i - \varkappa p f)^{\frac{1}{2}}.$$

1) A. Wehnelt, Wied. Ann. **67**, 421, 1899.
2) Diese Zeitschrift **3**, 88, 1901.

Hierin ist K_n der normale Kathodenfall, k und $\varkappa$ eine Konstante, p der Gasdruck, f die Grundfläche des negativen Glimmlichtes oder der ersten Kathodenschicht, i die Stromstärke. Hierbei ist zunächst angenommen, dass sich der dunkle Kathodenraum, nicht gestört von der Glaswand, ausbreiten kann. Tritt der Fall ein, dass durch die Nähe der Glaswand ein Teil f_s der ganzen Kathodenoberfläche f_k seines Glimmlichtes beraubt wird, so ist $f = f_k - f_s$ zu setzen.

Ist E die elektromotorische Kraft der Stromquelle, r der ausserhalb des Stromgefässes liegende Ohmsche Widerstand und ist der Spannungsabfall zwischen dem Ende des negativen Glimmlichtes und der Anode klein, was in der Regel bei niedrigen Drucken zutrifft, so kann man mit grosser Annäherung setzen

$$i = \frac{E - K}{r} \quad \text{oder}$$

$$i \cdot r = E - K_n - \frac{k}{p \cdot f^{\frac{1}{2}}} (i - \varkappa p f)^{\frac{1}{2}}$$

$$i \cdot r = E - K_n - \frac{k}{p \cdot (f_k - f_s)^{\frac{1}{2}}} \left(i - \varkappa p \cdot (f_k - f_s)\right)^{\frac{1}{2}}$$

Aus diesen Gleichungen sind folgende durch das Experiment leicht zu bestätigende Folgerungen abzulesen. Bei niedrigen Gasdrucken ist die Stromstärke im allgemeinen klein. Will man auch durch ein hohes Vakuum einen relativ starken Strom senden, so muss man der Kathode eine grosse Oberfläche und einen grossen Abstand von der Gefässwand oder anderen im Gas befindlichen Körpern geben, damit $f_s = o$ bleibt. Will man eine Vakuumröhre herstellen, die nur eine sehr schwache elektrische Strömung durchlässt, oder will man die Spannungsdifferenz zwischen Anode und Kathode gross machen und so Kathodenstrahlen mit sehr grossen Geschwindigkeiten erzeugen, so muss man erstens einen möglichst niedrigen Gasdruck herstellen, zweitens eine kleine Kathode verwenden, drittens den Abstand zwischen ihr und der Glaswand klein wählen, damit $f_k - f_s$ nahezu Null wird. Die negativen Ladungen der Glaswand können in engen Röhren bei niedrigem Drucke so gross werden, dass sie, nach einem ganz kurzen Übergang eines Stromstosses, der verfügbaren elektromotorischen Kraft es unmöglich machen, die elektrische Strömung wieder einzuleiten und aufrecht zu erhalten. Dies war in den absoluten Vakuumröhren Hittorfs der Fall.

Göttingen, den 20. Dezember 1901.

(Eingegangen 22. Dezember 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

B. Walter (Hamburg), Ein photographischer Apparat zur genaueren Analyse des Blitzes.[1])

Schon die gewöhnlichen nächtlichen Blitzphotographien mit feststehender Kamera, die zuerst vor etwa 20 Jahren gemacht wurden, liessen in vereinzelten Fällen erkennen, dass ein Blitzschlag nicht immer ein einfacher, sich in einem Augenblicke abspielender Vorgang ist, sondern unter Umständen aus mehreren, stossweise aufeinander folgenden Entladungen bestehen kann, welche in der Regel alle denselben Weg durch die Luft nehmen. Die erste Aufnahme dieser Art war diejenige von Prof. Kayser[2]) in Bonn; und die zeitliche Analyse des Blitzes kam in diesem Falle ohne Zuthun des Photographen dadurch zu stande, dass ein starker Wind die Luftteilchen, über welche der Blitz seinen Weg nahm, so schnell vor sich hertrieb, dass die einzelnen Entladungen, welche zeitlich nacheinander durch dieselben hindurchgingen, sich örtlich nebeneinander auf der Platte abbildeten. Die Erkenntnis dieser Umstände führte sodann zu dem Gedanken, diese Analyse auch ohne Beihilfe des Windes einfach dadurch herbeizuführen, dass man die photographische Kamera während des Gewitters nicht mehr fest aufstellte, sondern derselben eine bestimmte Bewegung gab. Auch dann mussten ja selbst Vorgänge, die genau an derselben Stelle des Raumes zeitlich nacheinander stattfanden, auf der Platte räumlich nebeneinander abgebildet werden. Die ersten Aufnahmen dieser Art verdanken wir Prof. Weber[3]) in Kiel, und zwar hielt derselbe seine Kamera dabei einfach zwischen den beiden Händen, um derselben damit eine langsam schaukelnde Bewegung in der Art zu geben, dass die optische Achse der Kamera ungefähr den Mantel eines Kegels beschrieb.

Hiermit war also eine Methode angegeben, um jeden Blitzschlag zeitlich zu analysieren. Allerdings halte ich die Art der Bewegung, welche der letztgenannte Beobachter seiner Kamera gab, nicht gerade für die günstigste; denn es können dabei die einzelnen Entladungen des Blitzschlages leicht durcheinander geraten, und es kann ferner auch die Bestimmung der Zeitabschnitte, welche zwischen diesen einzelnen Entladungen liegen, auf diese Weise höchstens nur annähernd geschätzt werden. Diesen beiden Übelständen glaube ich nun in verhältnismässig einfacher Weise dadurch abgeholfen zu haben, dass ich die photographische Kamera auf ein passendes Uhrwerk setzte, um derselben dadurch eine ganz langsame Drehung um eine fest im Raume stehende Achse zu geben, wie Sie es hier an diesem Apparate sehen. Dabei ist aber die Kamera nicht fest mit dieser Achse verbunden, sondern vielmehr an einen Messingcylinder angeschraubt, der längs seiner Achse eine Durchbohrung von solcher Weite erhalten hat, dass er sich mit sanfter Reibung über jene Achse des Uhrwerks schiebt und also von ihr bei der Drehung mitgenommen wird. Diese Komplikation hat den Zweck, dass die Kamera nicht die ganze Drehung um die Achse des Uhrwerks mitzumachen braucht, sondern dass man sie, sobald ihr Objektiv das Gewitter aus dem Gesichtskreis verloren hat, einfach mit der Hand wieder zurückdrehen kann, worauf sie nur losgelassen zu werden braucht, um aufs neue von dem Uhrwerk mitgenommen zu werden (Vorführung). Zur Erleichterung der Handhabung ist noch ein Anschlag vorgesehen, durch den man die Drehung der Kamera auf einen bestimmten Winkel beschränken kann. Beim Weiterziehen des Gewitters verrückt man dann nur das Stativ, welches das Uhrwerk mit der Kamera trägt und zwar natürlich in der Weise, dass die Mittellinie jenes Winkels immer ungefähr nach derjenigen Stelle des Himmels hinzeigt, wo die Blitzschläge am häufigsten stattfinden.

Hat man nun auf diese Weise einen derselben eingefangen, und zeigt er sich auf der fertig entwickelten Platte aus mehreren Einzelentladungen bestehend, so kann man den zeitlichen Abstand dt von zweien derselben aus ihrem räumlichen Abstand dy auf der Platte nach der Formel

$$1)\quad dt = \frac{f^2 + y^2}{f\,.\,w}\,dy$$

berechnen, worin f die Brennweite des Objektivs, w die Winkelgeschwindigkeit der Kamera und y den Abstand der fraglichen Stelle von der Mitte der Platte bedeutet. Bei meinem Apparate z. B. dreht sich die die Kamera tragende Achse in 35 Sekunden einmal um sich selbst, so dass demnach bei Anwendung eines Objektivs mit 12 cm Brennweite zwei Entladungen, die sich in der Nähe der Mitte der Platte in einem Abstande von 1 cm abgebildet haben, in einer Zeit von 0,465 Sek. aufeinander gefolgt sind. Natürlich kann man durch Anwendung eines anderen Übersetzungsverhältnisses der Zahnräder des Uhrwerks diese Verhältnisse in sehr weiten Grenzen ändern.

Was sodann die eigentliche photographische

1) Abteilung 2, 26. September 1901.

2) H. Kayser, Berichte der Königl. Akad. Berlin 1884, S. 611.

3) L. Weber, Berichte der Königl. Akad. Berlin 1889, S. 781.

Ausrüstung anbetrifft, so enthält meine Kamera nur eine Plattengrösse von $^9/_{12}$ cm und zwar hauptsächlich deshalb, um dieselbe event. auch mit auf die Reise nehmen zu können. Ferner habe ich zu derselben zwei sogenannte Magazinkassetten mit je 12 Platten Inhalt angeschafft, einmal, um auch während eines langdauernden Gewitters nicht neue Platten einlegen zu brauchen, und zweitens, um nach erfolgtem Blitzschlag möglichst schnell wieder eine neue Platte in Bereitschaft zu haben.

In Bezug auf das Objektiv ferner scheint mir eine korrekte Zeichnung bis in die Ecken der Platte hinein die erste Forderung zu sein, die Lichtstärke aber weniger in Betracht zu kommen. Erwünscht dagegen ist ein recht grosser Gesichtskreis, sodass daher die Weitwinkelobjektive nach dem Doppelanastigmattypus wohl als die passendsten Gläser zu bezeichnen sind. Indessen kann man bei gehöriger Abblendung auch schon mit verhältnismässig einfachen Objektiven recht gute Resultate erzielen.

Für eine erfolgreiche Anwendung des Apparates ist es ferner in erster Linie erforderlich, dass man über einen Standort verfügt, von dem aus man einen möglichst grossen Teil des Himmels übersehen kann. Da man sich nun aber zur Nachtzeit meistenteils in seiner Häuslichkeit befindet und hier demnach auch den Apparat bereit halten wird, die städtischen Wohnungen aber andererseits in der Regel nur einen sehr beschränkten Rundblick gewähren, so habe ich mir auf dem Dache des fünfstöckigen Etagenhauses, in welchem ich wohne, einen bedeckten Ausbau von etwa 1 qm Grundfläche machen lassen, der vier kleine, sich nach allen Richtungen des Himmels hin öffnende Fenster besitzt. Von diesen wird dann natürlich nur das gerade nötige aufgemacht, so dass ich also trotz des freien Standortes doch gegen Regen und Wind ziemlich gut geschützt bin.

Im Anschlusse hieran möchte ich Ihnen nun noch einige der vielen bereits mit dem Apparate erhaltenen Aufnahmen vorführen. Von denselben scheint mir zunächst die folgende in Fig. 1 [1]) abgebildete, die am Abende des Pfingstsonntags v. J. aufgenommen wurde, in mehrerlei Hinsicht ein besonderes physikalisches Interesse zu haben. Wie Sie sehen, besteht der darin abgebildete Blitz aus drei in sehr kurzer Zeit aufeinanderfolgenden Schlägen, die auf der Platte in allen ihren Teilen genau parallel sind und demnach alle denselben Weg durch die Luft genommen haben. Dabei ist

1) Um die teilweise sehr zarten Einzelheiten der Originale der beiden Figuren 1 und 2 bei der Reproduktion nicht verloren gehen zu lassen, mussten in den dafür angefertigten Positiven die hellen und dunklen Teile durch weisse bezw. schwarze Tusche etwas stärker hervorgehoben werden.



Fig. 1.

der in der oben angegebenen Weise berechnete Zeitunterschied zwischen den beiden ersten Entladungen 0,042 Sek., und der zwischen den beiden letzten 0,11 Sek., so dass also der ganze Schlag 0,15 Sek. gedauert hat. Besonders bemerkenswert ist nun an diesen Entladungen, dass nur diejenige, welche der Zeit nach die erste war, seitliche Verästelungen hat. Auf diese Erscheinung, die sich übrigens noch in mehreren anderen meiner Aufnahmen wiederholt, mache ich deswegen aufmerksam, weil dieselbe mit der Art der Entstehung des Blitzes, wie ich sie vor einiger Zeit in Wiedemanns Annalen [1]) nahe gelegt und daselbst auch für die Funken unserer Induktionsapparate durch eine ähnliche photographische Analyse derselben bewiesen habe, in direktem Zusammenhange steht. Nach dieser Auffassung entsteht nämlich ein Blitz in der Regel nicht mit einem Schlage, sondern vielmehr in der Weise, dass die positive Elektrizität der Wolke in der Form mehrerer stossweise aufeinanderfolgender und von Stoss zu Stoss immer länger werdender Büschelentladungen allmählich immer weiter zur Erde hin vordringt, wobei die folgende Entladung sich stets des ihr von der vorhergehenden bereits gebahnten Weges bedient, um dann so weit darüber hinauszuschiessen, als sie es nach Massgabe der ihr von der Wolke aus nachgelieferten elektrischen Energie vermag.

1) B. Walter, Wied. Ann. **66**, 636, 1898 u. **68**, 776, 1899.

Dass diese Theorie für die künstlichen Funken unserer Laboratoriumsversuche zutrifft, habe ich, wie bereits gesagt, in Wiedemanns Annalen nachgewiesen, und werden Sie auch unmittelbar zugeben, wenn ich Ihnen hier einige besonders charakteristische Aufnahmen vorführe. Dabei hatte allerdings die photographische Platte etwa die hundertfache Geschwindigkeit von der unserer Blitzkamera, und sie musste daher auch die Vorgänge bei der Entstehung des Funkens weit genauer erkennen lassen, als die mit letzterer erhaltenen Blitzaufnahmen.

Wenden wir nun aber diese so gewonnene Erkenntnis auf die zuerst betrachtete Blitzaufnahme an, so werden wir sagen können, dass die darin enthaltene Thatsache, wonach die seitlichen Verästelungen immer nur an der ersten Entladung eines mehrfachen Blitzschlages vorkommen, mit der obigen Theorie der Entstehung desselben im besten Einklang steht, denn für die späteren Entladungen ist ja der Weg schon durch die erste gebahnt, und es können also diese auch der vorbereitenden Büschelentladungen entraten.

Sodann möchte ich Ihnen als zweite Aufnahme noch die folgende vorlegen, deren, am 2. Juni d. J. morgens zwischen 3 und 4 Uhr aufgenommener Blitz aus sechs einzelnen Schlägen bestand [s. Fig. 2][1]). Bemerkenswert ist an dieser



Fig. 2.

Aufnahme besonders, dass die Abstände zwischen den einzelnen Entladungen sehr ungleich sind; sie betrugen nämlich in Zeit umgerechnet resp. 0,131, 0,068, 0,075, 0,119 und 0,103 Sekunden, so dass also an eine regelmässige Schwingung der Elektrizität zwischen Wolke und Erde, wie man sie vielfach angenommen hat, in diesem Falle nicht gedacht werden kann. Es sei noch bemerkt, dass ich jene Zeitintervalle zwischen den einzelnen Entladungen bei der Aufnahme des Blitzes deutlich als ein mehrfaches Zucken des Lichtes beobachten konnte. Schliesslich mag noch darauf hingewiesen werden, dass der zweite und der sechste Schlag dieses Blitzes die übrigen an Intensität ganz bedeutend überragen, und dass es auch nur diese beiden Entladungen waren, durch deren Licht die auf dem Bilde sichtbare Landschaft mit zur Abbildung gelangte. Dies ergiebt sich sehr einfach daraus, dass sämtliche Einzelheiten dieser Landschaft doppelt abgebildet sind, und dass ferner der Zeitabstand dt aller dieser Doppelbilder der gleiche ist, wie der jener beiden Schläge. Der räumliche Abstand dy der einzelnen Doppelbilder dagegen variiert etwas von der Mitte bis zum Rande der Platte hin, wie es ja auch nach unserer Formel 1) der Fall sein muss.

Hieraus ergiebt sich nun aber, dass wir bei dieser Art der Blitzphotographie mit bewegter Platte in den meisten Fällen auch schon aus dem Bilde der von dem Blitze erleuchteten Landschaft erkennen können, ob derselbe aus einem oder mehreren zeitlich aufeinander folgenden Schlägen bestanden hat. Dies ist besonders wichtig in solchen Fällen, wo man dies aus dem Bilde des Blitzes selbst nicht mit Sicherheit erkennen kann, wie Sie dies beispielsweise aus folgender Aufnahme ersehen. Dieselbe scheint nämlich bei der ersten Betrachtung einen einfachen und ziemlich regellosen Flächenblitz darzustellen. Da indessen die Landschaft in dieser Aufnahme in ihren am meisten hervortretenden Umrissen deutlich als doppelt zu erkennen ist, so ist es fraglos, dass wir es hier mit zwei, in bestimmtem Zeitabstand aufeinander folgenden Entladungen zu thun haben müssen. Bei einer genaueren Durchsicht der Platte gewahrt man denn auch, dass oben in der Ecke die sehr schwache, wahrscheinlich von der Wolke verdeckte Ausgangsstelle des Blitzes ebenfalls doppelt und zwar in demselben Abstande, wie die Doppelbilder der Landschaft auftritt, so dass es also keinem Zweifel unterliegen kann, dass der eine Teil unseres Blitzes, der von der später auftretenden Abbildung dieser Ausgangsstelle ausgeht auch zeitlich später erfolgte als der übrige Teil. Somit ergiebt sich also des weiteren noch aus der Aufnahme, dass in diesem Flächenblitze die positive Elektrizität, trotzdem sie in gar nicht sehr langer Aufeinanderfolge zweimal von demselben Punkte der Wolke ausgegangen ist, sich dennoch beide Male nach ganz verschiedenen Richtungen des Himmels hin bewegt

1) Siehe Anm. S. 169.

hat, und zwar offenbar deshalb, weil in der zuerst von ihr aufgesuchten Gegend der Vorrat an entsprechender negativer Elektrizität erschöpft war. Wenn ein solcher doppelter Blitzschlag von derselben Stelle einer Wolke aus zur Erde niedergegangen wäre, so würde ein derartiger Richtungswechsel in so kurzer Zeit schwerlich stattgefunden haben.

In der nächsten Aufnahme zeige ich Ihnen dann noch einen Flächenblitz, der wirklich nur aus einem momentanen Schlage bestanden hat; denn das Bild der Landschaft ist, trotzdem die photographische Platte bei der Aufnahme in Bewegung begriffen war, dennoch tadellos scharf geworden. Ja, auf der nunmehr folgenden Platte sehen Sie sogar ein ebensolches, noch besser ausgeprägtes Bild dieser Landschaft, das von einem Blitze herrührt, der nicht einmal selbst mit auf der Platte abgebildet ist, wahrscheinlich weil er ziemlich senkrecht über mir in den Wolken stattfand.

Schliesslich möchte ich noch einer letzten Aufnahme Erwähnung thun, die mir besonders in meteorologischer Hinsicht von Bedeutung erscheint, die aber leider bei der photographischen Entwicklung nicht klar genug herausgekommen ist, als dass ich sie Ihnen hier vorführen könnte. Ich muss Ihnen daher das darin Enthaltene durch eine schematische Zeichnung (s. Fig. 3) demonstrieren. Es handelt sich dabei um einen Flächenblitz, der aus zwei, in allen ihren Teilen parallelen Einzelentladungen 1 und

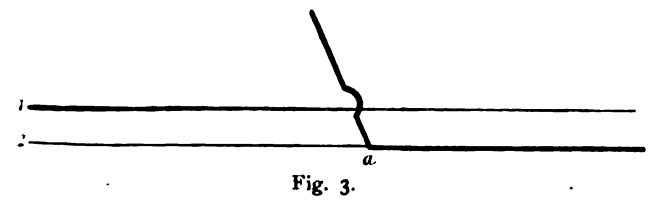


Fig. 3.

2 besteht, so dass wir es also zunächst nur mit zwei in gewohnter Weise zeitlich aufeinanderfolgenden Schlägen zu thun zu haben scheinen, die beide denselben Weg durch die Luft genommen haben. Das Bemerkenswerte an dieser Aufnahme ist nun aber, dass in der linken Hälfte der Platte die zeitlich zuerst auftretende Entladung als die stärkere erscheint, während auf der rechten Seite das Umgekehrte der Fall ist. Die Erklärung hierfür finden wir, wenn wir uns die Stelle aufsuchen, wo der Wechsel zwischen diesen beiden Erscheinungen eintritt (in der schematischen Zeichnung bei *a*): denn wir sehen, dass sich hier von der Seite her eine neue Entladung mit der zeitlich zuletzt erfolgenden vereinigt. Es ist demnach klar, dass diese Seitenentladung gleichzeitig mit dem zweiten Schlage des ursprünglichen Blitzes entstanden und dann in die Stelle *a* seiner Bahn hineingeschlagen sein muss und sich nun von hier aus der rechten Hälfte seines Weges in der Luft bedient hat. Dadurch wurden dann die hierin befindlichen Luftteilchen noch einmal zu neuer Glut angefacht, so dass es mithin begreiflich ist, dass diese bei dieser zweiten Entladung stärker erglühen konnten, als bei der ersten, während für die Teilchen der linken Hälfte des ursprünglichen Blitzes, die von jener Seitenentladung nicht berührt wurden, das Umgekehrte der Fall sein konnte.

Schliesslich möchte ich noch bemerken, dass bei dem Doppelblitze dieser Aufnahme für die Verteilung der Elektrizität in den Wolken das Umgekehrte gilt, wie bei demjenigen des Ihnen früher vorgeführten Flächenblitzes; denn hier fällt bei den beiden Einzelentladungen des Blitzes das elektrisch negative Ende in dieselbe Gegend der Gewitterwolke, und die entsprechende positive Elektrizität kommt aus zwei verschiedenen Teilen derselben zugeströmt, während dort umgekehrt die positive Elektrizität beide Male von derselben Stelle der Wolke ausging und sich die zu ihrer Neutralisierung notwendige negative in zwei ganz verschiedenen Gegenden derselben aufsuchen musste.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Precht (Hannover): Ich möchte Herrn Weber fragen, ob und wo er mit seinem Apparat erhaltene getrennte Blitze publiziert hat.

Weber (Kiel): Ich habe bei meinen 1889 in den Berliner Akademieberichten publizierten Blitzaufnahmen eine sehr deutliche Trennung der Einzelentladungen beobachtet und diese streifenförmig nebeneinander liegenden Linien bereits als Intensitätsanschwellungen im Gegensatz zu oszillatorischen Entladungen gedeutet. Ich habe diese hier vorgeführte Trennung durch eine einfache Handbewegung bekommen. Das Instrument des Herrn Walter ist gewiss geeignet, genauere Zeitmessungen zu geben. Interessant ist bei den vorgeführten Versuchen der Nachweis, dass die Blitze nicht oszillatorische Entladungen sind, sondern der Mechanismus doch wohl hier ein anderer ist. Es handelt sich wohl um Intensitätsanschwellungen, nicht um Oszillationen.

Mannesmann (Remscheid): Um eine Vergrösserung der Geschwindigkeit des Apparates zu erhalten, wäre es vorteilhaft, einen Rotationsapparat mit einer so grossen Zahl photographischer Kammern zu verwenden, dass man damit stets den ganzen Horizont in Sicht hat.

Walter: Daran habe ich auch schon gedacht, wegen der grossen Kosten aber vorläufig davon Abstand genommen.

M. Töpler (Dresden): Nach meinen Untersuchungen der magnetischen Spuren von Blitzschlägen waren Blitze, in denen die Strömungsrichtung der positiven Elektrizität von der Erde zur Wolke ging, viel häufiger, als die umgekehrten. Hat der Vortragende vielleicht an seinen Blitzphotographien eine stärkere Verästelung nach dem positiven Ende, als nach dem negativen Blitzende zu wahrgenommen? Ein solcher Unterschied liesse die erwähnte Häufigkeitsverschiedenheit erklären.

Walter: Nein; ich habe bisher die Ansicht vertreten, dass in sämtlichen zur Erde gehenden Blitzen die positive Elektrizität nach der Erde zu fliesst.

Töpler: Das widerspricht dem Befunde der Spuren.

Walter: Solange wir es mit Büschel-Entladungen zu thun haben, geht der Prozess jedenfalls von der Wolke zur Erde vor sich. Erst wenn der Blitz fertig ist, könnte auch wohl ein Strömungswechsel stattfinden.

Töpler: Das muss ich bezweifeln; es kann auch ein negatives Büschel aus der Wolke hervorgehen.

Walter: Bei den Induktionsfunken sind es aber nur die positiven Entladungen, die grössere Büschel geben.

Töpler: Ich frage eben, ob das bei den Blitzen auch so ist?

Walter: Das nehme ich allerdings nur an.

Vorsitzender Prof. Braun: Hier scheint also keine Einigkeit zu erzielen zu sein.

Precht erinnert an getrennte Blitzaufnahmen, die er 1895[1]) gemacht hat. Die Frage, ob es sich dabei um intermittierende oder oszillierende Entladungen handelt, betrachtet er als eine offene.

Geitel (Wolfenbüttel): Unzweifelhaft kommen bei negativem Potentialgefälle über der Erdoberfläche Blitze vor, bei denen die Wolke Kathode ist. Es ist sehr wahrscheinlich, nach den Ausführungen des Herrn Walter, dass, wenn die Wolke Kathode ist, wir solche Büschel nicht haben.

Walter: Ich habe allerdings auch eine ganze Anzahl von einfachen Blitzen ohne Büschel erhalten, und es wäre ja möglich, dass in solchem Falle die Strömung der positiven Elektrizität von der Erde zur Wolke hin stattgefunden hat. Diese Aufnahmen habe ich nicht vorgeführt, weil sie mir nichts Besonderes zu bieten schienen.

1) Precht, Himmel und Erde 7, 177—185, 1895.

O. Lummer (Berlin), Die planparallelen Platten als Interferenzspektroskop.[1])

Fizeau muss als der Begründer der Interferenzspektroskopie angesehen werden, da er zuerst aus seinem berühmt gewordenen Versuch mit dem Newtonschen Farbenglase variabler Luftdicke auf die Zusammensetzung des benutzten Lichtes wichtige Schlüsse gezogen hat.

1) Abteilung 2, 23. Septbr 1901.

Den Newton-Fizeauschen „Kurven gleicher Dicke" haftet jedoch ein Fehler an, auf den Exner hingewiesen hat[1]), welcher bewirkt, dass diese Streifen bei einem genügend hohen Gangunterschiede verschwinden, auch wenn das benutzte Licht absolut homogen ist und beliebig lange interferenzfähig schwingt.

Frei von diesem störenden Fehler sind die an einer vollkommen planparallelen Platte auftretenden „Kurven gleicher Neigung", von denen ich zeigen konnte[2]), dass sie allein berufen sind, die Frage endgültig zu entscheiden, wie lange ein Ätherteilchen interferenzfähig schwingt. Ausserdem behandelte ich die „neutralen" Stellen, welche man bei Anwendung von Natriumlicht beobachtet, wenn man von senkrechter zu streifender Incidenz übergeht. Diese Erscheinung bildet das Analogon zu dem von Fizeau beobachteten Phänomen des periodischen Verschwindens und Wiedererscheinens der Newtonschen Ringe.

Erst A. A. Michelson[3]) hat die Interferenzspektroskopie zur Disziplin ausgebaut, indem er die Fizeausche Methode der variablen Luftschicht auf die Planparallelitätsringe übertrug und das Aussehen der Ringe bei kontinuierlich wachsender Dicke einer planparallelen Luftplatte studierte. In Übereinstimmung mit meiner Theorie steht die Thatsache, dass Michelson die Ringe an einer planparallelen Luftplatte von variabler Dicke noch bei Gangunterschieden von über 400000 Wellenlängen beobachten konnte. Seine aus dem Verlauf und dem Aussehen der Ringe bei wachsendem Gangunterschied in Bezug auf die Zusammensetzung der benutzten sogenannten „homogenen" Lichtquellen gezogenen Schlüsse entbehren jedoch der sicheren Grundlage und zwingenden Kraft. Diese wurde der Michelsonschen Methode erst durch Perot und Fabry[4]) gegeben, welche auf Grund der Boulouchschen Theorie[5]) die planparallele Luftplatte zwischen versilberten, keilförmigen

1) Siehe E. Verdet, „Vorlesungen über die Wellentheorie des Lichtes". Deutsche Bearbeitung von K. Exner. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1881, p. 72 ff.

2) O. Lummer, „Über eine neue Interferenzerscheinung an planparallelen Platten und eine Methode, die Planparallelität solcher Gläser zu prüfen". Inaug.-Diss. 1884. Wied. Ann. **23**, 49—84, 1884.

3) A. A. Michelson, Phil. Mag. (5) **31**, 338—346, 1891; **34**, 280—299, 1892 und Journ. de Phys. (3) **3**, 5—22, 1894.

4) A. Perot u. Ch. Fabry, Ann. de chim. et phys. (7) **12**, 459—501, 1897; Compt. rend. 1897, 1898, 1899 und 1900; Ann. de chim. et phys. (7) **16**, 1899 und Bulletin Astron. Janvier 1899; vgl. auch M. Hamy, Compt. rend. **125**, 1092—1094, 1827. Näheres siehe in Kaysers Handbuch der Spektroskopie, Band I, S. 482 ff. Siehe auch diese Zeitschrift **3**, 5, 1901.

5) A. Boulouch, Journ. de phys. . . . . . . 1894.

Glasplatten herstellten und dadurch bei Vorhandensein zweier homogenen Wellen eine Verdoppelung der Ringe erzielten, wo bei Michelson ein vollkommenes Auslöschen der den beiden Wellen zukommenden Ringsysteme eintrat.

Das neuerdings von Michelson erdachte Stufenspektroskop [1]) bezweckt nach Art eines Gitters von grossem Abstand der Gitterstreifen ebenfalls eine direkt sichtbare Auflösung feinster Spektrallinien.

Veranlasst durch das Studium einer von mir neu beobachteten Interferenzerscheinung an planparallelen Luft- oder Glasplatten [2]), gelangte auch ich zu einer Lösung desselben Problems [3]), welche ich kurz schildern und experimentell vorführen möchte.

Theoretisches: Es seien zwei homogene Wellen gleicher Intensität in der benutzten Lichtquelle vorhanden, deren Längen wir mit λ und $\lambda' [< \lambda]$ bezeichnen wollen. Dann findet „Dissonanz" der beiden Ringsysteme statt, d. h. es fallen die Minima des einen Systems zwischen diejenigen des anderen, falls

$$1) \qquad 2p \frac{\lambda}{2} = (2p + 1) \frac{\lambda'}{2}$$

gilt, wo p den Gangunterschied der interferierenden Strahlen in ganzen Wellen λ ausgedrückt, bedeutet. Für zwei Wellen vom Abstande der D-Linien ist $p = 491$; für zwei Wellen vom hundertsten Teile dieses Abstandes, welche sich also nur um $1/_{100000}$ ihres Betrages voneinander unterscheiden, ist $p = 49100$ etc.

Um zu erfahren, wann zwei Wellen in Dissonanz treten, muss man also den Gangunterschied berechnen. Ist n der Brechungsindex der Glasplatte, d ihre Dicke und i der Einfallswinkel der interferierenden Strahlen, so ist ihr Gangunterschied:

$$2) \qquad 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i}$$

Für senkrechte Incidenz ($i = 0$) und $n = 1,5$ findet die erste Dissonanz für die Na-Linien schon bei einer Plattendicke von 0,095 mm, für die hundertmal engeren Linien erst bei 9,5 mm statt. Eine Platte von 9,5 mm Dicke zeigt übrigens gegen 6000 Ringe, wenn man von senkrechter zu streifender Incidenz übergeht, also für Natriumlicht eine grössere Anzahl von „Dissonanzstellen" oder „neutralen Stellen".

Je nach dem Intensitätsabfall vom Maximum zum Minimum im Ringsystem tritt nun an den Stellen der Dissonanz ein ganz verschiedenes Phänomen auf. Ist der Abfall ein sinusartiger, so löschen sich beide Systeme aus und wir erhalten eine „neutrale" Stelle. Ist der Abfall jedoch ein rapider, so verdoppeln sich die Ringe durch Übereinanderlagerung beider Systeme.

Laut der Airyschen Theorie der Farben dünner Blättchen verläuft die Intensität im Vereinigungspunkt aller der untereinander parallelen Strahlen, welche infolge vielfacher Reflexion aus dem einfallenden Strahl an einer planparallelen Platte entstehen, sinusartig, solange der Einfallswinkel so klein ist, dass das Fresnelsche Reflexionsvermögen nur einen geringen Betrag erreicht. Je grösser beide werden, um so steiler wird auch der Intensitätsabfall vom Maximum zum Minimum der Planparallelitätsringe. Wie schon Boulouch ganz richtig erkannt hat, lässt sich das hohe Reflexionsvermögen und damit dieser rapide Intensitätsabfall bei senkrechter Incidenz durch Versilberung erreichen, während er bei einer unbelegten Platte unter streifender Incidenz von selbst eintritt.

Will man das hohe Reflexionsvermögen durch Schrägstellung der Platte erreichen, so hat man ausserdem dafür zu sorgen, dass möglichst alle vielfachen Spiegelbilder auch zum Interferenzphänomen beitragen, d. h. man muss die Platte entsprechend ihrer Dicke genügend gross wählen, und zwar um so grösser, je streifender man die Strahlen einfallen lässt. Dies ist der von mir eingeschlagene Weg. Er leistet bei geeigneten Plattendimensionen in Bezug auf die Auflösungskraft mehr als der von Perot und Fabry gewählte Weg, die Plattenoberflächen zu versilbern und bei senkrechter Incidenz zu beobachten.

Da die Erscheinungen im reflektierten und durchgehenden Lichte zu einander komplementär sind, so ist der Intensitätsabfall in beiden Fällen derselbe. Dabei treten im reflektierten Lichte absolute Minima von grosser Schärfe, im durchgehenden Lichte dagegen absolute Maxima von prägnanter Definition auf. Eine einfache Überlegung oder Konstruktion lehrt nun, dass in Bezug auf die Auflösung die Erscheinung im durchgehenden Lichte bedeutend günstiger ist. [1]) Da hier schmale Maxima mit einem dunklen breiten Zwischenraum (Minima) abwechseln, so kann sich ausser der Hauptwelle auch eine relativ lichtschwache Welle (Trabant) bemerkbar machen, wenn sie gerade in Dissonanz mit der Hauptwelle ist und ihre wenn auch lichtschwächeren Maxima auf den Minimis der Hauptwelle entwickelt.

1) A. A. Michelson, Astroph. Journ. **8**, 36—47, 1898; Journ. de phys. (3) **8**, 305—324, 1899.

2) O. Lummer, „Komplementäre Interferenzerscheinungen im reflektierten Lichte". Berl. Akad. Ber. **24**, 504—513, 1900.

3) O. Lummer, „Eine neue Interferenzmethode zur Auflösung feinster Spektrallinien." Verhdlgn. d. D. Phys. Ges. **3**, 85—98, 1901.

1) O. Lummer, „Über ein neues Interferenzspektroskop". Arch. Neerl. ser. II, tome VI Jubiläumsband für Boscha 1901.

Anders im reflektierten Lichte. Hier erzeugt die Hauptwelle schmale Minima und breite Maxima. Auf diesen lagern sich also bei Dissonanz die Minima des Trabanten auf und kommen daher schon aus rein physiologischen Gründen fast gar nicht zur Geltung.

Experimentelle Anordnung: Die experimentelle Anordnung bei der von mir gewählten Interferenzmethode läuft auf die eines Spektralapparates hinaus, bei welchem zwischen Prisma und Fernrohrobjektiv die planparallele Glasplatte eingeschaltet ist. Als solche habe ich zur Verfügung eine 5,4 mm dicke Platte von 15 cm Durchmesser und eine 10 mm dicke Platte von 21 cm Durchmesser, welche beide in vorzüglicher Ausführung von Herrn Haecke in Berlin geliefert wurden. Hat man ohne Glasplatte das Spektrometer justiert, so sieht man bei Anwendung der Aronsschen Quecksilber-Bogenlampe [1]) und Benutzung nur eines Prismas im wesentlichen fünf farbige Spaltbilder. Sobald man aber die Glasplatte in den Strahlengang einfügt und unter Einschaltung eines engen Diaphragmas vor der Platte die Strahlen immer steiler und steiler einfallen lässt, so erscheinen die farbigen Spaltbilder durchzogen von vertikalen Interferenzstreifen. Da das Ringsystem mit der Wellenlänge variiert, so liegen die Maxima im violetten Spaltbild enger zusammen als im gelben. Bestünde aber jede Quecksilberlinie nur aus je einer Welle, so entwickelte sich auch in jedem einzelnen Spaltbild nur ein Streifensystem. Statt dessen sieht man aber im blauen deren zwei, im hellgrünen sogar deren vier bis fünf und im gelben Spaltbild eine noch grössere Anzahl von Ringsystemen.

Das gelbe Spaltbild ist bei genauerem Zusehen ein Doppelbild entsprechend den zwei gelben Quecksilberlinien, deren Abstand dreimal so gross ist wie derjenige der *D*-Linien. Die ihnen zukommenden Spaltbilder decken sich also bei breitem Spalte und Vorhandensein nur eines Prismas, während die Interferenzringe, welche den beiden Hauptwellen zukommen, beim Drehen der Platte bald in „Konsonanz“, bald in „Dissonanz“ miteinander treten. Trennt man die Spaltbilder durch Anwendung mehrerer Prismen, so erkennt man, dass jede der Linien wieder mehrere Trabanten besitzt.

Es sei erwähnt, dass Perot und Fabry nur je einen Trabanten bei jeder der beiden gelben *Hg*-Linien beobachtet haben, während ich je vier Trabanten deutlich zu erkennen vermochte.

Nur die dunkelgrüne Linie scheint von allen *Hg*-Linien ziemlich einfach zu sein.

Die hellblaue besitzt einen sehr lichtstarken Trabanten und eine Andeutung komplizierter Zusammensetzung; auch eine der beiden violetten Linien ist noch von einem Trabanten begleitet. (Es werden diese Resultate durch Demonstrationen erhärtet. Mit Okular sieht man schon bei Tageslicht bequem die fünf Spal bilder mit ihren verschiedenartigen Ringsystemen. Ohne Okular bemerkt man die grosse Anzahl von Spiegelbildern, welche infolge der vielfachen Reflexion von der vor der Platte stehenden kleinen Öffnung entstehen.)

Planparallele Glasplatte variabler Dicke: Noch eine andere Methode möchte ich anführen, feinste Spektrallinien aufzulösen, welche in letzter Instanz auf eine Nachahmung der Perot- und Fabryschen Methode hinausläuft, nur dass ich statt der Luftplatte eine Glasplatte variabler Dicke anwende. Schneidet man einen Glaskeil mit ebenen Oberflächen senkrecht zur brechenden Kante in zwei Teile, legt diese umgekehrt aneinander, so bilden sie eine planparallele Glasplatte von variabler Dicke, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen. Um die Reflexion der Berührungsflächen zu eliminieren, bringt man einen Tropfen Öl zwischen dieselben, welches zugleich die beiden auf einer ebenen Glasfläche gelagerten Keile aneinander innig haften lässt. Unter Anwendung einer genügend kleinen Blende zeigt diese Platte bei senkrechter Incidenz vollkommene Kreise, welche bei geeigneter Versilberung der Plattenoberflächen ebenfalls eine recht beträchtliche Schärfe und Definition annehmen.

Recht gut kann man mit einem solchen Doppelkeil das Spiel der Konsonanz und Dissonanz der beiden gelben *Hg*-Linien beobachten, wenn man die Keile gegeneinander bewegt.

Aber auch die hellgrüne *Hg*-Linie wird durch dieses Interferenzspektroskop aufgelöst und es entstehen zwei Ringsysteme, von denen das eine lichtstärker ist als das andere. Noch bei einer Dicke von 3 cm befindet sich ein Trabant der hellgrünen Linie mit ihr in Dissonanz. Dreht man den Doppelkeil auf dem Spektrometertischchen ein wenig, so dass die Strahlen geneigt zum Einfallslot verlaufen, so verschwindet das Ringcentrum und es bleiben nur Segmente der Kreise sichtbar. Dafür nehmen die Streifen an Schärfe zu und sie vertragen eine stärkere Vergrösserung.

Erreicht die Plattendicke eine solche Grösse, dass benachbarte Strahlen etwa 100000 Wellenlängen Gangunterschied erreichen, dann hat der erste gegenüber dem dritten Strahl schon einen solchen von 200000 Wellenlängen,

---

1) Ich wende die Quecksilberlampe in der von mir konstruierten Form an (siehe Vereinsblatt d. Deutsch. Ges. f. M. u. Opt. **12**, 93, 1896 und Zeitschr. f. Instrkde. 1901), bei der man längs des Bogens blickt, so dass die Lampe mit Wasserspülung versehen werden kann, ohne dass die am Glase herabrollenden Quecksilbertropfen stören.

gegenüber dem vierten einen solchen von 300000 etc. Sollen also mindestens zehn Spiegelbilder mitwirken und die durch Airys Formel gegebene Intensitätsverteilung liefern, so muss die Lichtquelle so homogen sein, dass sie auch noch bei einer Million Wellenlängen Gangunterschied Interferenzringe liefern würde. Andernfalls erzeugen die Spiegelbilder höherer Ordnung höchstens eine allgemeine Helligkeit, auf welcher sich das Kreissystem eines absolut homogenen Trabanten nur undeutlich abhebt.

Schluss: Man wird also beim Interferenzspektroskop, und zwar ganz besonders bei der schräggestellten Platte von grosser Dimension aus dem Einfluss der vielfachen Spiegelbilder auf die Schärfe und Sichtbarkeit der Hauptlinien und der Trabanten auch einen Rückschluss auf die Homogenität der jeder Linie zugehörigen Welle und auf die Interferenzfähigkeit des Lichtes ziehen können.

Und wie ich durch Abblendung der beiden ersten Bilder im reflektierten Lichte zu einer neuen Komplementärerscheinung gelangte, welche der Interferenzerscheinung im durchgehenden Lichte ähnelt, so kann man durch geeignete Lichtschwächung mittels Nicolscher Prismen oder durch Abblendung gewisser Spiegelbilder ganz bestimmte Glieder der Airyschen Reihe willkürlicherweise verändern oder ganz unterdrücken und auf diese Weise die Erscheinung willkürlich modifizieren.

Sehr interessant ist der Einfluss der Polarisation des Lichtes auf die Auflösungskraft der Ringe bei nahe streifender Incidenz. Die Auflösung ist am grössten bei in der Einfallsebene polarisiertem Lichte und sinkt bei senkrecht zur Einfallsebene polarisiertem Lichte auf einen Betrag herab, der mit der Leistung bei ganz geringer Incidenz der Strahlen zu vergleichen ist. Der Grund liegt in dem verschiedenen Verlauf des Fresnelschen Reflexionskoeffizienten mit wachsender Incidenz für die beiden Arten des polarisierten Lichtes. Nur bei ganz streifender Incidenz erreicht der Reflexionskoeffizient für beide Lagen der Polarisationsebene nahe den gleichen Betrag. Hier ist also kaum ein Unterschied in der Deutlichkeit der Interferenzsysteme bei natürlichem und polarisiertem Lichte zu erwarten. Dagegen treten bei kleinerem Einfallswinkel der Strahlen (etwa 80°—85°) die Systeme der Trabanten, z. B. in der hellgrünen *Hg*-Linie bei Anwendung von in der Einfallsebene polarisierten Lichtes, sehr deutlich auf, während sie bei natürlichem Lichte fast ganz verschwinden.

Es dürfte diese erst neuerdings erkannte Thatsache die Überlegenheit der schräggestellten Glasplatte grosser Dimension über die versilberte Luft- oder Glasplatte noch wesentlich erhöhen. Auch scheint mir meine Methode zur Untersuchung des Zeemanschen Phänomens besonders geeignet zu sein. Diesbezügliche Untersuchungen habe ich mit Herrn Dr. Gehrke begonnen, welcher mir auch schon bisher bei Beobachtung und Berechnung wesentliche Dienste geleistet hat, wofür ich ihm auch an dieser Stelle bestens danke.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Diskussion.

Planck (Berlin): Die Frage, wie lange ein Ätherteilchen gleichmässig schwingt, scheint mir nicht beantwortbar zu sein, ohne dass man weiss, aus welcher Quelle die Schwingung kommt. Ist die Quelle ganz homogen, so wird das Ätherteilchen eben beständig schwingen.

Lummer: Beides geht experimentell Hand in Hand und erst wenn man die Homogenität der Lichter studiert hat, wird man die Frage nach der Dauer interferenzfähiger Schwingung beantworten können.

Martens (Berlin): Vielleicht ist die Platte noch für einen praktischen Zweck anzuwenden. Wenn man eine Röhre mit zwei planparallelen Platten verschliesst und diese Platte hineinbringt, so dass man durchblickend schräg auf diese Platte blickt, so wird man, wenn die Röhre einmal mit Gas gefüllt und einmal leer ist, wohl die Brechungsexponenten sehr genau bestimmen können.

(Eingegangen 23. November 1901.)

BESPRECHUNGEN.

J. Classen, Untersuchungen über den durch Luxferprismenfester zu erreichenden Helligkeitsgewinn nach im physikalischen Staatslaboratorium zu Hamburg ausgeführten Beobachtungen. 15 S. Mit 4 Figuren, 2 Tabellen und 3 Kurventafeln. 8°. Hamburg, Verlagsanstalt und Druckerei A.-G. (vormals J. F. Richter). 1901. M. 1.50.

Das kleine Büchlein giebt zunächst eine sehr klare, ausführliche Beschreibung der Wirkungsweise der Prismenfenster, die darin besteht, schräg von oben auf ein Fenster auffallende Lichtstrahlen in dem zu erleuchtenden Raume fast horizontal zu machen. Der Verfasser hat umfangreiche photometrische Messungen in einem grossen Holzkasten vorgenommen, in den das Licht durch Prismenfenster verschiedener Arten und unter verschiedenen Winkeln einfiel. Die Messungen ergeben bei Prismenfenstern einen beträchtlichen Helligkeitsgewinn,

so dass nach der Berechnung des Verfassers sonst dunkle Räume noch ein für viele Arbeiten ausreichend helles Licht erhalten können.

M. Reich.

(Eingegangen 20. Dezember 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Bauschinger, Julius, Tafeln zur theoretischen Astronomie. Mit 2 lithographischen Tafeln. gr. 8⁰. IV u. 148 S. 1901. Leipzig, Wilhelm Engelmann. Gebunden M. 12.—.

Griffiths, E. H., The thermal measurement of energy. Lectures delivered at the philosophical hall, Leeds. Mit 19 Figuren. kl. 8⁰. VIII u. 135 S. 1901. Cambridge, University Press. Gebunden.

Kopps, K., Geometrie zum Gebrauche an höheren Unterrichtsanstalten vollständig neu bearbeitet von Jos. Diekmann. 19. Auflage. (3. Auflage der neuen Bearbeitung.) Mit 176 Figuren, 8 Figurentafeln und zahlreichen Übungen und Aufgaben. I. Teil: Planimetrie. Ausgabe für Gymnasien. 8⁰. VI u. 208 S. 1902. Essen, G. D. Baedeker. Gebunden M. 2.40.

Neumann, C., Über die Maxwell-Hertzsche Theorie. (Des XXVII. Bandes der Abhandlungen der math.-physischen Classe der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften No. II). Mit 3 Textfiguren. gr. 8⁰. 138 S. 1901. Leipzig, B. G. Teubner. M. 3.50.

Noebels, J., A. Schluckebier, O. Jentsch, Telegraphie und Telephonie. (Handbuch der Elektrotechnik herausgegeben von C. Heinke. Band XII). Mit 582 Abbildgn. gr. 8⁰. XVIII u. 793 S. 1901. Leipzig, S. Hirzel. Gebunden M. 30.—.

Pernter, J. M., Meteorologische Optik. Mit zahlreichen Textfiguren. 1. Abschnitt. gr. 8⁰. VIII u. 54 S. 1902. Wien, Wilhelm Braumüller. M. 1.80.

Briefkasten.

Die Nobel-Komitees der schwedischen Königl. Akademie der Wissenschaften bitten um Veröffentlichung folgender Bekanntmachung:

Da viele Personen bei den Nobel-Komitees der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Stockholm teils um Nobelpreise für Physik oder Chemie, teils um Unterstützungen sich beworben haben, so wird hierdurch mitgeteilt:

1. dass der § 7 der Statuten der Nobel-Stiftung vorschreibt: „Zur Preisbewerbung zugelassen werden nur diejenigen, die von zuständiger Person schriftlich vorgeschlagen sind. Etwaige persönliche Gesuche um Berücksichtigung bei der Verteilung der Preise werden nicht beachtet";

2. dass in den Sondersatzungen, betreffend die von der Königl. Akademie der Wissenschaften zu vergebenden Preise der Nobel-Stiftung u. s. w. zwar in § 20 Spezialfonds erwähnt werden, von denen Unterstützungen ausgeteilt werden können, „um zu den vom Testator beabsichtigten Zwecken solche Arbeiten auf dem Gebiete der Physik und der Chemie zu fördern, die in wissenschaftlicher und praktischer Beziehung bedeutungsvoll erscheinen," doch können diese Spezialfonds nicht zu stande kommen, bevor der Nobel-Preis für Physik oder Chemie in einem oder mehreren Jahren nicht vergeben worden ist, und können deshalb auch früher keine Unterstützungen ausgeteilt werden.

Stockholm, 26. Oktober 1901.

Tagesereignisse.

Zum 300. Geburtstage Otto v. Guerickes, dem 20. November dieses Jahres, soll dem Erfinder der Luftpumpe in seiner Vaterstadt Magdeburg ein Denkmal gesetzt werden. Die städtischen Behörden haben einen Beitrag von 30000 M. zur Verfügung gestellt. Ein Ausschuss bittet, den Plan durch Spendung von Geldbeiträgen zu unterstützen.

Ein Denkmal für Joule soll in Gestalt eines Turmes im Sale-Park bei Manchester von den Städten Saleford und Manchester gemeinsam errichtet werden. James Prescott Joule wurde am Weihnachtstage 1818 in Saleford geboren und starb im Sale-Park, wo deshalb auch das Denkmal seinen Platz finden soll.

Für das kommende Jahr ist an der Technischen Hochschule in Wien die Errichtung einer ausserordentlichen Lehrkanzel für theoretische Maschinenlehre, einer dritten Lehrkanzel für Mathematik und eines Lehrstuhls für physikalische Chemie in Aussicht genommen. Ausserdem soll nach Fertigstellung des neuen elektrotechnischen Instituts eine zweite Lehrkanzel für Elektrotechnik errichtet werden. Die Fertigstellung und Benutzung des neuen elektrotechnischen Instituts soll zu Anfang des Studienjahres 1903/04 erfolgen.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Der ordentliche Professor der kosmischen Physik an der Universität Innsbruck Dr. P. Czermak wurde zum ordentl. Professor der Experimentalphysik ebendort, der Konstrukteur an der deutschen Technischen Hochschule in Prag Ingenieur A. Schiebel, Privatdozent für Astronomie und Mathematik an der Universität Leipzig Dr. Felix Hausdorff, Privatdozent der Mathematik an der Universität Genf Faguart, Privatdozent der Chemie Dr. Rassow in Leipzig, Privatdozent der Physik Dr. L. Zehnder in München zu ausserordentlichen Professoren, der Honorarprofessor Dozent für Eisenbahnsignalwesen an der Technischen Hochschule Dresden Dr. Ulbricht zum Geh. Baurate und Technischen Vortragenden Rate im Finanzministerium, der Privatdozent Tambor, Assistent am anorganisch-chemischen Laboratorium in Bern zum Tit.-Professor ernannt.

An der Technischen Hochschule zu Karlsruhe habilitierte sich Deyn-Hamburg für Mathematik, an der Universität Berlin Dr. Otto Ruff, Oberassistent in dem von Geh. Rat Fischer geleiteten ersten chemischen Institut für Chemie und Dr. O. Lummer, Professor an der Physikalisch technischen Reichsanstalt für Physik. Die Antrittsvorlesung des letzteren hatte das Thema: „Über die Ziele der Ökonomie in der Leuchttechnik".

Am 28. Dezember starb in Wien der ordentliche Professor der chemischen Technologie an der technischen Hochschule Hofrat Hugo Ritter v. Perger, 58 Jahre alt.

Den Privatdozenten Dr. Wolffenstein und Dr. Kühling an der Technischen Hochschule Berlin ist das Prädikat „Professor" verliehen worden.

Der ordentliche Professor der Chemie an der Universität Strassburg Fittig tritt mit dem Sommersemester in den Ruhestand.

Zum Direktor der Hamburger Sternwarte wurde vom Senate der dortige langjährige Observator Dr. R. Schorr gewählt. An zweiter Stelle war von der Oberschulbehörde Professor Ambronn-Göttingen vorgeschlagen.

Am 10. Dezember fand in Stockholm in Gegenwart des Kronprinzen und der königlichen Familie die Verteilung der vier grossen Nobel-Preise für Wissenschaft und Litteratur von je 208000 Francs statt. Sie wurden zuerkannt: für Medizin Professor Behring-Halle, für Chemie Professor van't Hoff-Berlin, für Physik Professor Röntgen-München, für Litteratur Sully Prudhomme-Paris.

Bei der Preisverteilung der Akademie der Wissenschaften zu Paris wurde die Lavoisier-Medaille für Verdienste um die Chemie in Berlin Professor Emil Fischer für seine Arbeiten und besonders für seine Untersuchungen über die Synthese der Zucker zuerkannt.

Professor Dr. Wilhelm Hittorf zu Münster blickt am 12. Januar auf eine 50jährige Thätigkeit als Professor zurück. Seit 1897 ist er Ritter des Ordens pour le mérite im Gebiete der Wissenschaften.

Dem ordentlichen Professor der Physik an der Universität zu Berlin Dr. Emil Warburg wurde der Charakter als Geh. Regierungsrat verliehen.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 9. | 1. Februar 1902. | 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 10 am 5. Februar 1902.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Wirkung von Schwere und Druck auf die elektrolytischen Vorgänge.

Von Rolla R. Ramsey.[1])

Wenn ein elektrischer Strom durch eine Zersetzungszelle geschickt wird, so löst sich die Anode auf und das Metall schlägt sich auf der Kathode nieder. Wenn diese Zelle in Röhrenform mit den Elektroden an den beiden Enden angefertigt und so aufgestellt ist, dass sie sich um eine horizontale Achse aus der horizontalen in die vertikale Lage drehen kann, so lässt uns das Gesetz von der Erhaltung der Energie einen grösseren Kraftverbrauch erwarten für den Fall, dass der Strom aufwärts durch die Röhre geht, als wenn die Röhre um 90^0 gedreht ist, so dass der Strom in einer horizontalen fliesst. Die Differenz im Betrage an verbrauchter Energie in der Zeiteinheit wird in diesen beiden Fällen

$$mgh$$

sein, worin m die in der Zeiteinheit übertragene Menge Metall, g die Stärke der Schwere und h der Abstand der beiden Elektroden ist.

Wenn die Stromstärke auf einem konstanten Wert von 1 C. G. S.-Einheit gehalten wird, so ist der Unterschied in den Potentialen in diesen beiden Fällen

$$E = m\,g\,h,$$

worin m das zehnfache elektrochemische Äquivalent des Kations ist. Obige Gleichung kann also auch geschrieben werden

$$E = Kat\,g\,q\,h,$$

worin Kat das Äquivalentgewicht des Kations und q das zehnfache elektrochemische Äquivalent des Wasserstoffgases ist. Wie zuerst Hittorf[1]) zeigte, haben wir, wenn die Kationen sich mit einer ganz bestimmten Geschwindigkeit in Richtung des Stromes, die Anionen dagegen entgegengesetzt bewegen, und wenn das Geschwindigkeitsverhältnis durch die Wanderungskonstante n ausgedrückt wird:

$$E = [Kat\,(1 - n) - n\,An]\,g\,q\,h$$

oder

$$E = [Kat - N\,(Kat\text{-}An)]\,g\,q\,h,$$

worin An das Äquivalentgewicht des Anions ist.

Weil nun E als eine Gegen-E. M. K. angesehen werden kann, so müsste beim Kurzschliessen des Voltameters ein schwacher Strom durch ein empfindliches Galvanometer angezeigt werden.

Geschichtliches.

Die Wirkung der Schwerkraft. Maxwell gebührt der Ruhm, zuerst gezeigt zu haben, dass solch eine elektromotorische Kraft vorhanden sein müsse.[2]) Im Jahre 1878 veröffentlichte Maxwell in der „Nature"[3]) einen Brief von F. J. Pirani an ihn selbst geschrieben, in welchem Pirani feststellt, dass er solche elektromotorische Kraft gefunden habe. Im gleichen Bande der „Nature"[4]) behauptet R. Colley (Moskau), er habe Ergebnisse veröffentlicht[5]), welche die Thatsache feststellten, dass solche E. M. K. existiere, und dass er ebenfalls deren Grösse berechnet und seine Ergebnisse durch Experimente sicher gestellt habe.

Gore hat eine bedeutsame Untersuchung

1) Ausführlich in Physic. Rev. **13**, 1, 1900.

1) Pogg. Ann. **98**, 5.
2) Maxwell, 1, 317; 1. Aufl.
3) Nature, **17**, 180.
4) Nature, **17**, 282.
5) St. Petersburger Phys. Chem. Journ. 1876; Pogg. Ann. **157**, 370 u. 628; Phil. Mag. s. 5. **1**, 419.

angestellt, welche mehr oder weniger auf diese Frage Bezug hat. In einem Artikel mit dem Titel: „Beziehung der E. M. K. der Voltasäule zum Druck,[1]" beschrieb er eine lange Reihe von Experimenten.

Dr. Gores zweiter Artikel hat ein grösseres Interesse wegen seiner Irrtümer denn wegen seiner Resultate. Der Artikel ist betitelt: „Einfluss der Nähe der Substanzen auf die Vorgänge in der Volta-Säule".[2]) Bei seinen Experimenten wendete er 72 Bleistücke im Gewichte von 8,271 Pfund als influenzierende Masse an.

In einem Artikel mit dem Titel: „Unpolarisierbare elektrische Zellen unter dem Einfluss der Centrifugalkraft" giebt Th. Des Coudres[3]) die Ergebnisse, welche er mit zwei Kadmium-Elementen erhielt, die um eine vertikale Achse gedreht werden konnten.

Des Coudres hat also die direkte Wirkung der Schwerkraft auf die Ionen[4]) gemessen. Bei seinen Untersuchungen brauchte er eine Glasröhre mit Kadmium-Amalgam-Elektroden.

Die Wirkung des Druckes. H. Wild[5]) hat eine Untersuchung ausgeführt über das Schwanken der E. M. K. zwischen Metallen und Flüssigkeiten. Er kam zu dem Schluss, dass die E. M. K. zwischen amalgamiertem Zink und Zinksulfat bei Steigern des Druckes um zwei Dritteile einer Atmosphäre nur um den Betrag von $\frac{1}{10000}$ Daniell schwankt. Bichat und Blondlot[6]) haben eine geringe Zunahme der E. M. K. bemerkt, wenn Platin-Kupfer- und Platin-Silber-Paare, in Elektrolyte getaucht, dem Drucke unterworfen wurden. Die Veränderung der E. M. K. verschieden gestalteter Zellen unter Einfluss des Druckes hat weiterhin Henri Gilbault[7]) genau studiert.

Wirkung der Schwere.

Apparate und Arbeitsmethoden. Die Untersuchung, die jetzt beschrieben werden soll, wurde mit Zink- und Kadmiumsulfat ausgeführt, den beiden wichtigsten und sehr oft von den Physikern angewendeten Elektrolyten. Das Voltameter war so aufgebaut, dass es mit den Enden um eine horizontale Achse in dem Raume für konstante Temperatur des physikalischen Laboratoriums rotieren konnte. Dies ist ein kleiner Innenraum, umgeben von Backsteinmauern und mit Doppelthüren verschlossen. Das Voltameter wurde gedreht mittels einer Messingstange, welche als Rotationsachse diente und die durch ein kleines Loch der Mauer in den Beobachtungsraum ging, wo sie auf einem Ziegelsteinpfeiler auflag. Die Länge dieser Stange war ungefähr sechs Fuss engl. Der Pfeiler, welcher sich ins andere Stockwerk erstreckte, diente auch als Träger für eine Klammer, an welcher das Galvanometer aufgehängt war. Das benutzte Galvanometer hatte einen Widerstand von 733 Ohm und erreichte die Empfindlichkeit von 2×10^{-10} Volt bei einer Schwingungsdauer von 18 Sct. Die Verbindungsdrähte waren aus isoliertem Kupfer, alle Verbindungen waren hergestellt durch Klemmschrauben, Quecksilber oder Lot. Zum Schutze gegen einen möglichen Kontakt der Drähte beim Drehen des Voltameters ging einer derselben von der Zelle durch eine Gummiröhre. Kommutatoren aus Quecksilber und Stromschlüssel waren eingeschaltet, um sowohl den Strom umkehren, als auch das Voltameter aus dem Kreise des Galvanometers ausschliessen zu können, während dessen Empfindlichkeit gemessen wurde. Das Voltameter wurde in Serie geschaltet mit einem Galvanometer und einem Widerstandskasten. Aus Rücksicht auf die geringe Grösse des Effektes wurde die Multiplikationsmethode angewendet. Bei dieser Methode wird die E. M. K. des Schliessungsbogens im Einklang, Übereinstimmung mit den Schwingungen der Galvanometernadel umgekehrt, bis ein Endmaximum der Ablenkung erreicht ist, welches Maximum abhängig ist von der E. M. K. und dem Dämpfungsfaktor des Galvanometers.

Der Dämpfungsfaktor wurde berechnet aus dem beobachteten Werte des logarithmischen Dekrements λ, aber es zeigte sich, dass bessere Bestimmungen desselben erhalten werden konnten durch Einschalten eines Stromwenders in den Stromkreis, Umkehrung einer bekannten E. M. K. im Einklang mit dem Schwingen der Nadel. Dieser Dämpfungsfaktor änderte sich mit der Empfindlichkeit des Galvanometers. Eine Anzahl Ergebnisse bei verschiedener Empfindlichkeit wurde gefunden, und aus den Beobachtungen wurde eine Kurve konstruiert mit der Galvanometer-Empfindlichkeit als Abszissen und dem Dämpfungsfaktor als Ordinaten. Die in den späteren Berechnungen gebrauchten Dämpfungsfaktoren sind von der Kurve abgelesen.

Verschiedene Formen der Voltameter wurden versucht, aber alle hatten ihre Fehler und genügten nicht in Bezug auf die Ungleichheit der Elektroden, Wirbelströme im Elektrolyten und ähnliche Umstände, bis die Voltameter in nachstehend beschriebener Form hergestellt wurden.

Voltameter Nr. V, das beschrieben werden mag als Beispiel aller später angefertigten, war

1) Phil. Mag. **35**, 97.
2) Phil. Mag. **43**, 440.
3) Wied. Ann. **49**, 254.
4) Wied. Ann. **57**, 232.
5) Pogg. Ann. **125**, 119.
6) J. de Phys. **2**, 503.
7) Lum. El. **42**, 7, 63, 175, 220; C. R. **113**, 465; Electrician **27**, 711.

hergestellt aus einer Glasröhre von etwa 1 cm lichter Weite.

Die Amalgam-Elektroden waren so gewonnen, dass zunächst das Amalgam in den Enden kurzer Röhrenstücke verdichtet wurde, die dann an die lange Röhre, welche den Körper des Voltameters bildete, angeschmolzen wurden. Seitenröhren mit Glashähnen wurden je eine an den beiden Enden angeschmolzen. Einige spätere Röhren hatten nur einen Glashahn, in den der Elektrolyt durch eine kleine Kapillarröhre hineinfloss. Das Amalgam war gemacht nach der von Kahle[1]) gegebenen Vorschrift.

Folgende Tabelle giebt die Resultate für eine zehnprozentige Zinksulfatlösung:

Dat.	Röhre	Länge	Widerstand in d. Röhre	Widerstand i. Kasten	Galvanom. Empfindlichkeit	Dämpfungsfaktor	E per Skalenteil	Max. Ablenkung An	A_0	beobachtete E	E per cm Höhe	E ber.
Dez. 8	VI	143,7 cm	4353	1000	$2,1 \times 10^{-10}$	0,21	$1,26 \times 10^{-6}$	34,5 cm	7,42	$9,36 \times 10^{-6}$	$-6,5 \times 10^{-8}$	$-2,4 \times 10^{-8}$
„ 11	VIb	144,01 „	4360	2000	2,08	0,21	1,45	18,5 „	3,88	5,62	−3,9	
„ 27	VIII	144 „	9500	0	1.5	0,23	1.54	9 5 „	2,19	3,37	−2,34	
„ 27	„	144 „	„	0	1,5	0,23	1 52	12,41 „	2,86	4,34	−3,02	
„ 29	„	144 „	„	0	2,1	0,21	2,14	11,16 „	2,33	5,00	−3,45	
Jan. 2	„	144 „	„	1000	3,57	0,158	4,05	7,5 „	1,11	4,5	−3,13	

Es muss beachtet werden, dass die Werte für Röhre VIII geringer sind als die mit den vorhergehenden Röhren erhaltenen, ebenso, dass die Werte für Röhre VIII wuchsen, je länger sie benutzt wurde. Röhre VIII war hergestellt mit besonderer Vorsicht, die Elektroden ganz fest in dem Ende der Röhre zu erhalten. Der Metallbeschlag war gleich nach der Fertigstellung ein vollkommener, aber er verschwand mit dem Alter.

Im folgenden ist die theoretische Berechnung der E. M. K. per Centimeter Höhe gegeben. Der Wert der gleichmässigen Wanderung, der in dieser Berechnung angewendet ist, wurde durch Interpolieren aus den drei für Zinksulfat gegebenen Werten gewonnen, welche in einer Tabelle von elektrochemischen Eigenschaften wässriger Lösungen von T. C. Fitzpatrick[2]) gegeben sind. Der gebrauchte Wert ist $n = 0{,}715$ für die zehnprozentige Lösung.

In der Formel

$$E = [Kat - n\,(Kat + An)]\; g\,q\,h$$

verzeichnen wir für Zinksulfat folgende Werte:

$Kat = \frac{1}{2}(65) = 32{,}5$ (Äquivalentgewicht des Zn)

$An = \frac{1}{2}(96) = 48$ (Äquivalentgewicht von SO_4)

$g = 980$

$q = 0{,}0001035$ (ein Zehntel des elektrochem. Äquivalents von H)

$h = 1$ cm

$n = 0{,}715.$

1) Wied. Ann. **51**, 203.

2) Siehe Whethams Solution and Electrolysis p. 215—283.

Die besondere Lösung für E ist also

$$E_1 = [32.5 - 0{,}715 \times 80.5]\; 980 \times 0{,}0001035$$
$$= [32.5 - 57.7] \times 0{,}0001013$$
$$E_1 = -2{,}53 \text{ C. G. S.}$$
$$E_1 = -2{,}53 \times 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Hiervon muss man die Korrektur für den Auftrieb der Flüssigkeit abziehen, nämlich

$$e = D\,[Kat\,V - n\,V'\,(Kat + An)]\; g\,q\,h,$$

worin

D = Dichte des Elektrolyten

V = spez. Volumen der Kathode

V' = „ „ des Lösungssalzes

ist; setzt man

$$D = 1{,}1$$
$$V = \frac{1}{7}$$
$$V' = \frac{1}{10}$$

so erhalten wir

$$e = 1.1 \left[\frac{32.5}{7} - n\,\frac{80.5}{10}\right] g\,q\,h$$
$$e = 0{,}124 \times 10^{-8} \text{ Volt.}$$
$$E = E_1 - e$$
$$E = -2{,}4 \times 10^{-8} \text{ Volt.}$$

Das Zeichen — zeigt an, dass der Strom nach oben durch die Röhre floss, der Schwerkraft entgegen. Dies will indessen auf den ersten Blick als unvereinbar mit dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft erscheinen. Es muss beachtet werden, dass, wenn 32.5 g Zn mit dem Strome befördert werden, 57,7 g SO_4 sich in entgegengesetzter Richtung bewegen. Die E. M. K. entspringt dem Überschuss der Masse SO_4 über die Menge Zn. Diese E. M. K. wird fortdauern, bis die E. M. K., die aus dem Unterschied in der Konzentration entspringt, gross genug ist, ihr das Gegengewicht zu halten. Im Falle der Betrag der Diffussion genügend gross ist, um eine merkliche Verschiedenheit in der Konzentration hervorzubringen, muss die Quelle der Energie in der bei der Auflösung absorbierten Wärme liegen.

Mit Kadmiumsulfat sind die Ergebnisse bedeutend besser übereinstimmend, als mit Zinksulfat. Die Voltameter waren nach dem gleichen Muster gebaut wie beim Zink. Das Kadmium war hergestellt nach der von Jaeger und Wachsmuth[1]) gegebenen Vorschrift.

1) Wied. Ann. **59**, 575.

Die Resultate für 10% Kadmiumsulfat sind in folgender Tabelle gegeben:

Dat.	Röhre	Länge	Widerstand in der Röhre	Widerstand im Kasten	Galvanom. Empfindlichkeit	Dämpfungsfaktor	E per Skalenteil	Max. Ablenkung An	A_0	Eh	E per cm Höhe
Jan. 3	*Cd* No. I	128 cm	11240	0	$4{,}8 \times 10^{-10}$	0,127	$5{,}82 \times 10^{-6}$	2,5	0,317	$1{,}85 \times 10^{-6}$	$-1{,}44 \times 10^{-8}$
„ 7	„	„	„	0	3,3	0,163	3,96	3,51	0,556	2,20	−1,72
„ 16	„ No. II	130 „	11300	0	3,06	0,17	3,68	4	0,680	2,51	−1,92
„ 19	„	„	„	0	2,27	0,202	2,76	4,5	0,910	2,51	−1,92
										Mittel:	−1,75

Die Wanderungsgeschwindigkeit für Kadmiumsulfat scheint nirgends experimentell bestimmt worden zu sein. Die Konstante, irgend einer E. M. K. entsprechend, mag jedoch aus folgender Gleichung bestimmt werden

$$E = \{ [Kat - n(Kat + An)] - D[Kat\, V - n\, V' \,(Kat + An)]\} g\, q\, h,$$

worin folgende Werte eingesetzt werden

$$Kat = 55{,}7$$
$$An = 48$$
$$D = 1.08$$
$$V = \frac{1}{9{,}39}$$
$$V' = \frac{1}{8{,}4}$$

Wir haben dann

$$E = 5{,}02 - 9{,}17\, n \times 10^{-8} \text{ Volt}.$$

Aufgelöst auf n haben wir

$$n = \frac{(E + 5{,}02)}{9{,}17}.$$

Wenn $E = -1{,}75$ ist $n = 0{,}738$.

Bei einer nahezu gesättigten Lösung von Kadmiumsulfat ist die E. M. K. positiv, oder der Strom fliesst in der Röhre von oben nach unten. Folgende Tabelle giebt die Resultate für eine 46%ige Lösung (46 g $CdSo_4$ in 56 g Wasser gelöst).

Wirkung des Druckes.

Apparate und Methoden. Die Wirkung des Druckes in verschiedenen Zellen wurde dadurch bestimmt, dass man zwei Zellen, deren E.M.K. nahezu gleich war, gegeneinander schaltete und die Veränderung im Unterschied der Voltangabe mass, wenn die eine Zelle einem Drucke unterworfen wurde. Bei der ersten Methode war die Zelle in H-Form angefertigt aus einer dickwandigen Glasröhre mit geringer Weite. Diese Zelle, ein Kadmiumelement, war zusammengesetzt nach den von Jaeger und Wachsmuth[1]) gegebenen Vorschriften. Die Elektroden waren angeordnet mit einem Brei von Quecksilbersulfat über dem Quecksilber und Kadmiumsulfat-Krystallen über dem Amalgam. Ein Arm der Röhre war zugeschmolzen, während der andere, längere, als Öffnung diente, durch welche die Kadmiumsulfatlösung mittels einer Kapillarröhre eingeführt werden konnte. Mit grosser Geduld und Sorgfalt wurde dann die Röhre gänzlich mit der Flüssigkeit angefüllt. Eine lange Kapillarröhre wurde dann angeschmolzen, welche die Zelle mit dem Piezometer verband. Druck wurde durch eine Kompressionspumpe erzeugt. Die beiden Zellen waren nebeneinander in einem Holzblock aufgestellt

Dat.	Röhre	Länge	Widerstand in der Röhre	Widerstand im Kasten	Galvanom. Empfindlichkeit	Dämpfungsfaktor.	E per Skalenteil	Max. Ablenkung An	A_0	Eh	E per cm Höhe
Jan. 29	*Cd* No. II	130 cm	7560	1000	$6{,}04 \times 10^{-10}$	0,11	$5{,}48 \times 10^{-6}$	9,4 mm	1,36	$7{,}5 \times 10^{-5}$	$5{,}77 \times 10^{-8}$ Volt
„ 29	„	„ „	„	0	4,3	0,138	3,47	11,4 „	1,59	5,5	4,25
„ 29	„	„ „	„	10000	4,28	0,137	8,1	5,6 „	0,77	6,25	4,8
Febr. 1	„	„ „	„	0	4,74	0,127	3,85	11 „	1,40	5,36	4,12
										Mittel	4,78

Die Berechnung giebt folgende Gleichung für E:

$$E = 4{,}95 - 8{,}67\, n \times 10^{-8} \text{ Volt}$$

für $E = 4{,}78$, $\quad n = -0{,}02$.

Die Bedeutung des kleinen Wertes für n ist, dass sich die Anionen mit ganz geringer Geschwindigkeit in dem Strome entgegengesetzter Richtung bewegen. In konzentrierter Lösung haben beide Ionen die Neigung, sich an dem tiefer liegenden Ende der Röhre festzusetzen und eine Verschiedenheit der Konzentration herbeizuführen.

und durch einen Widerstandskasten mit dem Galvanometer verbunden.

Die Veränderungen in der E. M. K. wurden bestimmt aus der Ablenkung und Empfindlichkeit des Galvanometers und dem Gesamtwiderstande im Stromkreis. Da die Wandstärke der Glasröhre den verwendeten Druck einschränkte, wurden die Zellen so gestaltet, dass sie in einem Piezometer mit 2,5 cm innerem Durchmesser angebracht werden konnten. Die Zellen waren

1) Wied. Ann. **59**, 575.

in einer modifizierten H-Form hergestellt, bei welcher das Querstück weggelassen und die beiden senkrechten Röhren aneinander geschmolzen wurden. Dies geschah, wenn man an der Seite einer jeden Röhre eine kleine Kugel herausblies, dann eine Öffnung in diese Kugel machte und an diesen Öffnungen sie zusammenschmolz. Die Elektroden waren in die Enden gelegt und Brei und Krystalle über ihnen. Zunächst wurden nun die Zellen oberhalb der Verbindungsstelle erhitzt und die zwei Röhren zu Kapillaren ausgezogen. Die Zelle wurde nun gefüllt und die Kapillaren an der engsten Stelle abgebrochen. Dann wurden sie in das Piezometer gebracht, welches mit Cerosin gefüllt war. So ist der Druck im Innern der Röhre der gleiche wie aussen, und eine mögliche Lösung des Cerosins in dem Elektrolyten wird vermieden durch die kleine Kontaktstelle in den Kapillaren. Die elektrische Verbindung wurde herbeigeführt durch zwei isolierte Leiter, die durch den Deckel des Piezometers gingen. Um Irrtümer zu vermeiden, die einem Wechsel der Temperatur zuzuschreiben wären, wurde das Piezometer in ein grosses Wasserbad eingetaucht und die Vergleichszelle in ein Cerosinbad, welches ebenfalls in das Wasserbad eintauchte. Dieses Wasserbad war von einem Luftmantel und dieser von einem Mantel aus Sägespänen umgeben. Der Deckel war von Baumwollabfall. Auf diese Weise konnte die Temperatur des Bades, welche ungefähr diejenige des Raumes war, während einer abgeschlossenen Beobachtungsreihe konstant gehalten werden. Auf keinen Fall konnte eine Temperaturschwankung mittels eines in Zehntelgrade geteilten Thermometers festgestellt werden.

Anstatt das Schwanken der E. M. K. durch Galvanometer-Ausschlag zu bestimmen, wurde die Elektrometermethode angewendet. Je kleiner der Unterschied in der E. M. K. der beiden Zellen ist, um so weniger wird durch das Schwanken der E. M. K. in der Batterie ein Irrtum herbeigeführt.

Mittels dieser Methode wurde die Änderung der E. M. K. einer Kadmiumzelle durch Druck bis zu 300 Atmosphären bestimmt. Sie wurde als geradlinig befunden. In einer Clarkzelle, hergestellt nach den von Kahle[1]) gegebenen Vorschriften, ist die Änderung auch linear, aber es ist nötig, die Zelle nach jeder Druckzunahme fünf Minuten stehen zu lassen, um die E. M. K. als Konstante zu erhalten. Dies mag erklärt werden können durch die Annahme, dass die Änderung der E. M. K. zu irgend einer Zeit herrührt von der Übereinanderlagerung zweier Schwankungen, einer positiven, die von dem Drucke, und einer negativen, die von dem durch den Druck verursachten Steigen der Temperatur herrührt.

1) Wied. Ann. 51, 203.

Nach etwa fünf Minuten gewinnt die Zelle ihre ursprüngliche Temperatur wieder und das Anwachsen der E. M. K. ist dasjenige, welches nur von dem Drucke herrührt. In einer Carhart-Clarkzelle, hergestellt in H-Form mit Zinkamalgam aber sonst gemäss den von Carhart[1]) gegebenen Vorschriften, ist die Zeitverzögerung noch ausgesprochener als in der Clarkzelle. In der 1-Volt-Calomelzelle, hergestellt in der H-Form, aber sonst gemäss Carhart[2]), steigt die Kurve schnell für die ersten 25 Atmosphären, biegt dann ab und erreicht ein geringes, geradliniges Wachsen bei 100 Atmosphären. Die gesättigte Calomelzelle, ebenso hergestellt wie die Zink-Calomelzelle, nur dass die Zinklösung gesättigt ist, giebt eine gleiche Art Kurve wie die 1-Volt-Calomelzelle. Das erste Anwachsen ist nicht so gross und der geradlinige Teil der Kurve ist etwas steiler als wie bei der 1-Volt-Calomelzelle. Die E. M. K. dieser Zelle war 0,856 Volt. In der Kupfersulfatzelle war die Veränderung ganz gering und erfolgt in negativer Richtung. Diese Zelle war in H-Form mit Zinkamalgam und Kupfer, an einem Platindraht befestigt, als Elektroden. Das Zinkamalgam war mit Zinksulfatbrei bedeckt und die Kupfer-Elektrode war umgeben von einer gesättigten Kupfersulfatlösung, die noch einen Überschuss an Krystallen hatte. Nachdem ein Diaphragma von Löschpapier über der Kupfersulfatlösung angebracht war, wurde die Zelle gefüllt mit einer konzentrierten Zinksulfatlösung. Die E. M. K. dieser Zelle war 1,078 Volt. Die Zeitverzögerung war sehr gross; es dauerte 15 Minuten, bis ein konstanter Wert erhalten wurde. Dies machte die Beobachtungen langsam und unsicher. Die Chlorsilberzelle gemäss Carharts[3]) Vorschriften hergestellt, ausser dass Zinkamalgam an Stelle von Zink benutzt wurde, gab eine Kurve, welche nahezu geradlinig ist, jedoch langsam nach rechts abbiegt. Das in dieser Zelle verwendete Chlorsilber war frisch gefüllt und um einen Silberdraht gelegt. Dieselbe Zelle mit einer alten Chlorsilberelektrode, welche seit 20 oder mehr Jahren in dem Laboratorium vorhanden und ganz schwarz geworden war, gab ein äusserst rapides Steigen der E. M. K. für die ersten 25 Atmosphären, nahm dann aber ab.

Ein Vergleich der Druckwirkung in den verschiedenen untersuchten Zellen ist in einer Zusammenstellung der Beobachtungen in folgender Tabelle gegeben.

Die E. M. K. der Zellen wurde bestimmt durch einen Vergleich mit Kadmium- und Clarkzelle

1) Carhart, Primary Batteries, 60.
2) Am. J. Soc. 46, 60, 1893.
3) Carhart, Primary Batteries, 60.

Veränderungen durch Druck gegeben in Volt $\times$ 10–6 per Atmosphäre.

	E.M.K. der Zelle	Temperatur	Wachsen d. E.M.K. bis 100 Atmosph.	Wachsen im Mittel von 100—300 Atmosphären
Kadmium (1. Methode)	1,019	20,4°	6,02	
Kadmium (2. Methode)	1,019	19°	7,6	7,6
Clark	1,440	16,6°	11,6	11,6
Carhart-Clark	1,443	16,3°	13,1	13,1
1 Volt-Calomel	0,996	15°	3,0	0,98
Gesättigte Calomel	0,805	17°	2,8	1,63
Kupfersulfat	1,078	17°	—1,0 (?)	—1,0 (?)
AgCl (weiss)	1,076	18°	25,7	15,0
AgCl (schwarz)	1,164	15,6°	—	—13

unter Zugrundelegen der E. M. K.- und Temperatur-Koeffizienten, wie sie von der Reichsanstalt gegeben sind. (Siehe obenstehende Tabelle.)

Diese Untersuchung wurde ausgeführt an der Cornell-Universität unter Leitung des Herrn Professor E. L. Nichols.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Karsleys.)

(Eingegangen 16. November 1901.)

Zur Bewegung eines elektrischen Teilchens im elektromagnetischen Felde.

Von Eduard Riecke.

Die Gleichungen für die Bewegung eines elektrischen Teilchens in einem elektromagnetischen Felde lassen sich noch in einem Falle lösen, der ein gewisses Interesse besitzt mit Bezug auf Versuche, die ich schon vor einem Jahre angestellt habe, von deren Berechnung und Veröffentlichung ich aber durch eine andere dringende Arbeit seither verhindert worden bin.

Es sei eine drahtförmige Kathode gegeben, deren Länge wir als unbegrenzt betrachten wollen. Die Flächen konstanten elektrostatischen Potentiales seien Cylinder, welche mit der Oberfläche der Kathode konzentrisch sind. Das Magnetfeld sei ein konstantes, die Kraftlinien parallel der Cylinderachse, die Intensität C. Die Achse der Kathode machen wir zu der z-Achse eines rechtwinkligen Koordinatensystems. In der zu der z-Achse senkrechten xy-Ebene führen wir Polarkoordinaten ein durch die Gleichungen:

$$x = r\cos\varphi\,, \qquad r = r\sin\varphi\,.$$

Der Halbmesser des von der Kathode gebildeten Cylinders sei a, der Wert des elektrostatischen Potentiales an der Oberfläche der Kathode u_a. Wir untersuchen die Bewegung eines von der Kathode ausgehenden negativ elektrischen Teilchens von der ponderablen Masse μ und der elektrischen Ladung $-\varepsilon$. In rechtwinkligen Koordinaten sind die Differentialgleichungen der Bewegung:

$$\mu\frac{d^2x}{dt^2} = \varepsilon\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\varepsilon}{v}C\frac{dy}{dt},$$

$$\mu\frac{d^2y}{dt^2} = \varepsilon\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\varepsilon}{v}C\frac{dx}{dt},$$

$$\mu\frac{d^2z}{dt^2} = 0.$$

Das Integral der lebendigen Kraft ist:

$$\frac{\mu}{2}\left\{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2\right\} = \varepsilon\,(u - u_a),$$

das Integral des Flächensatzes:

$$\mu\left\{y\frac{dx}{dt} - x\frac{dy}{dt}\right\} = \frac{\varepsilon}{2v}C\,(a^2 - r^2).$$

Zur Zeit $t = 0$ befindet sich das Teilchen an der Oberfläche der Kathode und besitzt keine Anfangsgeschwindigkeit. Führen wir Polarkoordinaten ein, so ergiebt sich:

$$\frac{\mu}{2}\left\{\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2\right\} = \varepsilon\,(u - u_a),$$

$$\mu r^2\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\varepsilon}{2v}C\,(r^2 - a^2).$$

Hieraus:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\varepsilon}{2v\mu}C\left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right),$$

$$r\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\varepsilon}{2v\mu}C\left(r - \frac{a^2}{r}\right).$$

$$\frac{dr}{dt} = \sqrt{2\frac{\varepsilon}{\mu}(u - u_a) - \frac{\varepsilon^2}{4v^2\mu^2}C^2\left(r - \frac{a^2}{r}\right)^2},$$

$$\frac{r\,d\varphi}{dr} = \frac{\frac{\varepsilon}{2v\mu}C\left(r - \frac{a^2}{r}\right)}{\sqrt{2\frac{\varepsilon}{\mu}(u - u_a) - \frac{\varepsilon^2}{4v^2\mu^2}C^2\left(r - \frac{a^2}{r}\right)^2}}.$$

Wenn das Teilchen sich von der Kathode so weit entfernt hat, dass

$$r - \frac{a^2}{r} = \frac{2v}{C}\sqrt{2\frac{\mu}{\varepsilon}(u - u_a)}$$

wird, so verschwindet die radiale Geschwindigkeit $\frac{dr}{dt}$, und das Teilchen bewegt sich in einem

Kreise, dessen Ebene auf der Achse der Kathode senkrecht steht, dessen Mittelpunkt in dieser Achse liegt. Die Bahn des Teilchens besteht in einer Spirale, die sich asymptotisch jenem Kreise nähert. Der Halbmesser des Grenzkreises ist um so kleiner, je grösser die Intensität des magnetischen Feldes ist. Es liegt nahe, dieses Resultat mit der Kontraktion des Dunkelraumes im Magnetfelde in Beziehung zu setzen.

(Eingegangen 1. Januar 1902.)

Die Änderung des Molekularvolums gelöster Salze mit der Temperatur.

Von Carl Forch.

Enthält ein Liter einer Lösung vom spezifischen Gewicht s_t $_{0/4^0}$ $A \cdot m$ Gramm eines Salzes, dessen Äquivalentgewicht gleich A ist, und bedeutet Q_t das spezifische Gewicht des Wassers bei der Temperatur t^0, so ist das „Molekularvolum" φ — d. h. das Volum eines Grammmolekels bezw. bei Salzen zweiwertiger Säuren die Hälfte dieses Volums — des gelösten Salzes in bekannter Weise definiert durch die Beziehung:

$$\varphi_t = \frac{A}{Q_t} - 1000 \frac{s_t - Q_t}{m Q_t}.$$

Bezeichnet $d Q$ bezw. $d s$ die Änderung der spezifischen Gewichte für 1^0, so erhält man den Temperaturkoeffizienten von φ_t

$$d\varphi = \left(\frac{1000 s}{m} - A\right)\frac{d Q}{Q^2} + 1000 \cdot \frac{s - Q}{Q m^2} dm - \frac{1000}{m Q} ds,$$

wenn dm die Änderung der Konzentration mit der Temperatur bedeutet, die gleich ist dem negativen Werte des Volumausdehnungskoeffizienten der Lösung.

Nachstehend sind aus der Litteratur für einige Salzlösungen die „Molekularvolumina" bezw. deren Temperaturkoeffizienten berechnet. Unter Φ ist das Volum einer Grammmolekel des festen Körpers hinzugefügt.

m	$\varphi 18$	$d\varphi 0^0$	$d\varphi 10^0$	$d\varphi 20^0$	$d\varphi 30^0$	$d\varphi 40^0$
		$^1/_2\ Ca\ Cl_2$ $\Phi = 25$[1].				
5,15	13,3	0,082	0,068	0,051	0,033	0,026
3,58	13,7	0,094	0,082	0,058	0,045	0,026
2,08	13,5	0,138	0,092	0,057	0,033	0,015
0,79	12,1	0,210	0,107	0,039	—0,003	—0,023
		$^1/_2\ Mg\ Cl_2$ $\Phi = 22$[2].				
4,22	10,5	0,074	0,048	0,029	0,012	0,001
1,42	7,8	0,165	0,096	0,049	0,012	—0,015

Man erkennt, dass der Temperaturkoeffizient von φ sehr rasch mit wachsender Temperatur abnimmt, entsprechend der Thatsache, dass die Volumausdehnung einer Salzlösung bei höheren Temperaturen geringer ist, als die des Wassers.

m			$\varphi\ 10^0$	$\varphi\ 20^0$	$d\varphi\ (10^0-20^0)$	Φ
$m =$	2	KJ[3])	46,11	47,62	0,15	54
„		KBr[3])	37,93	39,07	0,11	44
„		NH_4Cl[3])	37,2	37,9	0,07	35
„		NH_4NO_3[3])	46,8	48,0	0,12	46
„		$NaNO_3$[3])	30,0	31,5	0,15	38
„		$H\ NO_3$[3])	26,7	27,9	0,12	40
„		$^1/_2\ Zn\ SO_4$[3])	1,88	2,87	0,10	23
„		$^1/_2\ Cu\ SO_4$[3])	4,63	5,57	0,09	22
„		KOH[3])	7,6	8,7	0,11	27
			$\varphi\ 6^0$	$\varphi\ 18^0$	$d\varphi\ (6^0-18^0)$	Φ
$m =$	5	$^1/_2\ H_2SO_4$[4])	17,6	18,5	0,08	27
	1	„	15,5	17,0	0,12	
	0,1	„	12,0	14,0	0,17	
	0,01	„	7,7	9,3	0,13	
			$\varphi\ 6,3^0$	$\varphi\ 18^0$		
$m =$	5	$^1/_2\ Mg\ SO_4$[4])	6,0	6,6	0,05	23
	1	„	0,9	1,7	0,07	
	0,1	„	—2,4	—1,2	0,10	
	0,01	„	—3,9	—2,6	0,11	
			$\varphi\ 5,5^0$	$\varphi\ 18^0$		
$m =$	5	Essigsäure[4])	51,0	52,1	0,10	57
	1	„	50,2	51,3	0,10	
	0,1	„	49,9	51,1	0.10	
	0,01	„	49,7	50,9	0,10	
			$\varphi\ 6^0$	$\varphi\ 18^0$		
$m =$	1	Zucker[4])	209,9	211,5	0.13	215
	0,1	„	208	209,9	0,16	
	0,01	„	207,6	209,6	0,16	

Es ergiebt sich aus dieser Übersicht, dass der Temperaturkoeffizient von φ so gut wie völlig unabhängig ist von der Grösse des Molekularvolums selbst, dass er vielmehr für gleiche Molekülzahl und dasselbe Temperaturintervall fast unabhängig vom gelösten Stoffe und für Werte von φ innerhalb der Grenzen $+210$ bis -3 genähert gleichgross bei allen in Wasser gelösten Körpern ist. Eine merkliche Abhängigkeit von dem Dissoziationsgrade lässt sich an den gegebenen Zahlen nicht wahrnehmen. Selbst bei den Salzen, für welche φ sich dem Werte von Φ ziemlich nähert — $NH_4\ Cl$, $K\ J$ und $K\ Br$ —, ist der Temperaturkoeffizient von φ und Φ wesentlich verschieden, denn im festen Zustande beträgt die Volumänderung für einen Grad Temperaturzunahme nur etwa ein Zehntel von der im gelösten Zustande.[6]) Der „Temperaturkoeffizient des Molekularvolums" erscheint mithin vielmehr durch das Lösungsmittel als durch die Eigenschaften des gelösten Körpers bedingt.

1) Bremer, Rec. trav. chim. des Pays-Bas **7**, 268, 1888; nach Beibl. **13**, 362, 1889.

2) Bremer, Arch. néerland. (2), **6**, 455, 1901. Es sei bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen, dass die l. c. angegebenen Konzentrationen teilweise bis zu 0.5 Proz. zu klein sind, da die beim Mischen von Salzlösung und Wasser auftretende Volumkontraktion gelegentlich der Herstellung der mit B, C und D bezeichneten Lösungen nicht berücksichtigt ist.

3) Forch, Wied. Ann. **55**, 100, 1895.

4) F. Kohlrausch, Wied. Ann. **56**, 199, 1895.

5) G. Th. Gerlach, Spezifische Gewichte der Salzlösungen. Freiberg 1859, S. 97.

6) Fizeau, C. R. **64**, 314, 1867.

Darmstadt, Physikal. Institut der Techn. Hochschule.

(Eingegangen 10. Januar 1902.)

Der Mensch als kalorische Maschine und der zweite Hauptsatz.

Bemerkungen zu dem gleichnamigen Artikel von K. Schreber dieser Zeitschrift (3, 107, 1901).

Von N. Zuntz (Berlin).

Schreber erörtert die Frage, ob das Wärmegefälle zwischen dem Inneren unseres Körpers und der Umgebung ausreichend sei, um den menschlichen Körper als kalorische Maschine ansehen zu können. Er legt seiner Rechnung das Temperaturgefälle zwischen Körperinnerem und umgebender Luft zu Grunde, für welche letztere er den willkürlichen Wert von 17^0 C. einsetzt, um alsbald zu erkennen, dass infolge unserer Bekleidung die an die Haut angrenzende Luftschicht viel höher temperiert ist, und er also nur mit einem Wärmegefälle von 2 bis 6^0 C. rechnen darf. Wo bleibt aber dies Wärmegefälle beim indischen Kuli, der bei einer die Körperwärme übersteigenden Lufttemperatur schwerste Arbeit leistet, dabei die Überhitzung seines Körpers nur durch Verdunstung gewaltiger Wassermassen auf Haut- und Lungenoberfläche verhütend; wo bleibt es beim gegen reissende Ströme anschwimmenden Fisch, dessen Körperwärme so wenig die des umgebenden Wassers überragt, dass es bisher nicht mit Sicherheit gelungen ist, die Grösse der Differenz festzustellen? —

Die Temperaturdifferenz zwischen Körperoberfläche und Umgebung kann aber für die Erklärung der Muskelarbeit überhaupt nicht in Betracht gezogen werden. Man begeht dabei einen ähnlichen Fehler, wie wenn man das Temperaturgefälle in der kalorischen Maschine aus der Wärmedifferenz zwischen dem Kühlwasser derselben und der äusseren Luft bestimmen wollte. Jede Muskelfaser ist eine Maschine für sich; aus dem Zusammenhang des Körpers herausgeschnitten, fährt sie fort, Arbeit zu leisten, indem sie in ihr angehäufte brennbare Stoffe in derselben Weise zersetzt, wie vorher als sie sich noch im Zusammenhange mit dem Gesamtkörper befand und für den Verbrauch stetig Ersatz aus dem Blute empfing. —

Durch gleichzeitige Messung der auf Reizung vom ausgeschnittenen Muskel geleisteten Arbeit und seiner Erwärmung, wozu nach dem Vorgange von Helmholtz[1]) die Methoden durch Heidenhain[2]), Fick[3]), Magnus Blix[4]) und Bürkner[1]) ausgearbeitet sind, hat man den mechanischen Nutzwert der im thätigen Muskel umgesetzten chemischen Energie zu 20 bis 40 Proz. ermittelt.

Einen Wert gleicher Ordnung haben die von mir und einer Reihe von Mitarbeitern ausgeführten Untersuchungen ergeben, welche den einer bestimmten Arbeit entsprechenden Zuwachs des Stoffverbrauchs im menschlichen oder tierischen Körper aus der gleichzeitigen Steigerung des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureausscheidung bestimmten. Wir fanden gleichmässig bei Mensch, Pferd und Hund, dass 31 bis 34 Proz. des Mehr an chemischer Energie, welches bei der Arbeit frei wurde, als nutzbarer mechanischer Effekt auftrat. Wir ermittelten gleichzeitig die Vergrösserung der Arbeit des Herzens und der Atemmuskulatur, welche während der Arbeit stattfindet. Dieselbe ist derart, dass sie etwa 6 bis 7 Proz. des ganzen Mehrverbrauches in Anspruch nimmt.[2]) Berücksichtigen wir dies, so erkennen wir, dass die äussere Arbeit leistenden Muskeln 39 bis 40 Proz. der in ihnen umgesetzten Energie mechanisch verwerten. —

Das von Schreber gesuchte Wärmegefälle müsste dem Gesagten zufolge zwischen der einzelnen kontraktilen Faser und ihrer Umgebung, welche aus lauter gleichbeschaffenen Fasern besteht, gesucht werden. Es liegt auf der Hand, dass hier in Betracht kommende Temperaturdifferenzen nicht existieren können.

Schreber betrachtet nicht, wie wir, nur die während der Arbeit mehr zersetzte Nährsubstanz, sondern die ganze im Laufe des Tages umgesetzte als Kraftquelle für die äussere Arbeit. Er nimmt an, in unserem Körper sei eine Art Akkumulator vorhanden, welcher die in der Ruhe durch die Umsetzungen erzeugte Energie aufspeichere und bei Bedarf zur Arbeit verwende. Auch dieser Gedanke ist nicht neu. Erhebliche Energieaufspeicherung kann aber in unserem Körper nicht stattfinden, das beweisen die kalorimetrischen Versuche von Rubner, sowie die von Atwater und Benedict am ruhenden Menschen. Diese Versuche, deren Fehlergrösse 1 Proz. des Wertes nicht übersteigt, zeigen, dass bei Hunden und Menschen die in der Ruhe abgegebene Wärme der vollen Verbrennungswärme der gleichzeitig umgesetzten Nährstoffe gleichkommt, eine Speicherung von Energie also nicht in nennenswertem Masse stattfindet. Den Gegen-

1) Helmholtz, H., Über die Wärmeentwicklung bei der Muskelaktion. Müllers Arch. f. Anat. u. Physiol. 1848, S. 144.

2) Heidenhain, Rud., Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Leipzig 1864.

3) Fick, Ad., Myothermische Untersuchungen aus den Laboratorien zu Zürich und Würzburg. Wiesbaden 1889.

4) Fick, Ad., Myothermische Untersuchungen aus den Laboratorien zu Zürich und Würzburg. Wiesbaden 1889.

1) Pflügers Archiv Bd. 80, S. 533; Bd. 81, S. 399.

2) Schreber schätzt die Tagesarbeit des menschlichen Herzens zu $3 \cdot 10^3$ mkg, mir ist niemals eine ähnliche Schätzung in der Fachlitteratur begegnet. Meine eigenen Messungen an Pferden und Hunden führten zur Schätzung der Arbeit des menschlichen Herzens auf:

$2 \cdot 10^4$ mkg bei absoluter Körperruhe,
$3 \cdot 10^4$ „ „ mittlerer Arbeit.

beweis liefern Versuche von Atwater und Benedict, in welchen dieselben ihren Versuchsmenschen im Kalorimeter tagsüber schwer arbeiten liessen, wobei die ganze mechanische Arbeit im Innern des Apparates durch Reibung in Wärme übergeführt wurde. Auch während der Arbeit entsprach die wirklich abgegebene Wärme der aus dem Gaswechsel berechneten Verbrennungswärme der umgesetzten Nährstoffe. —

Könnten wir einen Teil der Energie der in Ruhe umgesetzten Stoffe bei späterer Arbeit verwerten, so müsste längere Bettruhe unsere Arbeitsfähigkeit erhöhen. Bekanntlich ist das Gegenteil wahr. Derjenige, welcher täglich energisch arbeitet, ist viel höherer Leistungen fähig als der untrainierte. Offenbar bedeutet der Stoffwechsel des ruhenden Körpers kein nutzlos brennendes Feuer. Was wir in der Ruhe an chemischer Energie umsetzen, brauchen wir für die stetig sich vollziehende Arbeit des Herzens, der Atemmuskulatur, des Verdauungsapparates, für die Bewegung der kontraktilen Zellen in unserem Körper, für die chemische und osmotische Arbeit unserer Drüsen, endlich für die Erhaltung unserer konstanten Eigenwärme.

Wir können uns schliesslich fragen, wie gross müsste das Temperaturgefälle im Muskel sein, wenn er bei 40 Proz. Nutzwert des umgesetzten Materials als kalorische Maschine arbeitend gedacht wird. Da die niedrigste Temperatur 37^0 C. beträgt giebt die Gleichung

$$\frac{x-37}{x+273}\cdot 100 = 40,$$
$$x = \underline{244^0}\ \mathrm{C}.$$

Bedenken wir, dass das im Muskel entstehende Molekül CO_2, wenn es die ganze bei dem Prozess $C + O_2' = CO_2$ entstehende Wärme in sich für einen Moment enthielte, eine Temperatur von 10000^0 C. haben würde (Pflüger) so widerlegt unser $x = 244^0$ C. keineswegs die Möglichkeit, dass der Muskel als kalorische Maschine arbeite.

Engelmann[1]) hat eine Theorie der Muskelarbeit entwickelt und bis zu einem gewissen Grade experimentell gestützt, welche den Muskel als eine Art kalorischer Maschine auffasst, in welcher die Temperaturänderung die Länge und Spannung kleinster elastischer Teilchen verändert. E. Pflüger[2]) und A. Fick[3]) vertreten die Ansicht, dass bei der Muskelarbeit die chemischen Anziehungskräfte im Sinne des Muskelzuges geordnet, unmittelbar mechanisch zur Wirkung kommen. Bernstein[4]) endlich zeigte noch einen anderen Weg, auf welchem die chemischen Prozesse im Muskel zu mechanischer Arbeit verwertet werden könnten, ohne erst die ungeordnete Bewegungsform der Wärme anzunehmen. Änderung der Oberflächenspannung zwischen den ausserordentlich dünnen, den Muskel zusammensetzenden Fibrillen und der Flüssigkeit, welche dieselben umgiebt, kann mechanische Wirkungen von der Art und Grösse, wie wir sie am Muskel wahrnehmen, bewirken.

Ich konnte hier, um nicht allzuviel Raum zu beanspruchen, nur auf einen Teil der für die von Herrn Schreber angestellten Betrachtungen wichtigen physiologischen Arbeiten und Theorien hinweisen.

(Eingegangen 13. Januar 1902.)

1) Th. W. Engelmann, Über den Ursprung der Muskelkraft. Leipzig, Engelmann 1893.

2) E. Pflüger, Sein Arch. 10, 329, 344 u. 641.

3) A. Fick, Bemerkungen zu Engelmanns Abhandlungen. Pflügers Arch. 53, 606 und 54, 313.

4) Bernstein, Pflügers Arch. 85, 271; Naturwissenschaftliche Rundschau 1901, No. 33—35.

Über Elektrizitätszerstreuung bei Föhn.

Von Paul Czermak.[1])

Beim Studium der Arbeiten von Linss[2]), Elster und Geitel[3]) sowie Ebert[4]) über die Elektrizitätszerstreuung der atmosphärischen Luft, fielen mir sofort drei Merkmale auf, welche beim Föhn eine wesentlich grössere Ionisierung der Luft erwarten liessen, als bei gewöhnlichen atmosphärischen Verhältnissen. Alle bisherigen Beobachtungen ergaben die kleinsten Zerstreuungskoeffizienten bei nebliger oder nahe an der Kondensation liegender Luft, während die grössten Werte bei klarem, tiefblauem Himmel und auffallend deutlicher Fernsicht erhalten wurden, wie Elster und Geitel in der citierten Arbeit S. 432 sagen. Dadurch ist aber eines der charakteristischen Merkmale der Föhnluft gekennzeichnet. Gerade für diese so auffallende Erscheinung der sogenannten „Föhnaussicht", welche sich schon deutlich beim ersten Einstellen der Föhnlage zu erkennen giebt, fehlte es bisher an einer befriedigenden physikalischen Erklärung.

Ferner zeigen die Messungen von Ebert bei Ballonfahrten in der auffälligsten Weise eine grosse Zunahme der Zerstreuungskoeffizienten mit der Höhe. Da nun die Föhnluft aus grösseren Höhen in verhältnismässig kurzer Zeit zu uns herabkommt, so ist schon deshalb ziemlich sicher ein grösserer Ionengehalt zu erwarten.

Ein dritter Fingerzeig liegt in den Beobachtungen von P. Lenard[5]) welcher fand, dass

1) Teilweise im Anzeiger der Wiener Akademie.

2) „Über einige die Wolken- und Luftelektrizität betreffende Probleme." Meteorolog. Ztschr. 4, 345, 1887.

3) „Über Elektrizitätszerstreuung in der Luft". Ann. der Phys. 2, 425, 1900.

4) „Über Elektrizitätszerstreuung in grösseren Höhen". Ann. der Phys. 5, 718, 1901.

5) „Über die Wirkung des ultravioletten Lichtes auf gasförmige Körper". Ann. der Phys. 1, 486, 1900.

Luft durch die Wirkung des ultravioletten Lichtes nicht nur zur Bildung von Nebelkernen veranlasst wird, sondern dass auch eine starke Ozonisierung eintritt. Nachdem nun die Ionisierung der Luft wohl der ultravioletten und violetten Sonnenstrahlung zuzuschreiben ist, so wird auch eine vermehrte Ozonbildung gleichzeitig vor sich gehen. Vielen Personen, darunter auch mir selbst, ist nun beim Föhn schon seit langem oft ein auffallender Geruch bemerkbar. Er erinnert schwach an Phosphor oder frische Metallflächen oder etwas Ozon; er wird als Frühjahrsgeruch bei eintretendem Tauwetter bezeichnet.

Da hier in Innsbruck sehr gute Gelegenheit sich bietet, diese Voraussetzungen zu prüfen, so wollte ich schon längst einige Zerstreuungsmessungen ausführen. Aber erst Ende November v. J. kam ich durch die Freundlichkeit des Professor Dr. F. Exner in die Lage, einen diesbezüglichen Apparat leihweise zu erhalten, wofür ich demselben hier meinen besten Dank abstatte.

Den ganzen Monat Dezember konnte ich nun Messungen ausführen und trat nach 14 normalen Tagen ein typischer Föhntag auf. Dann musste ich die Messungen abbrechen und stud. phil. v. Preu setzte dieselben an mehreren Föhntagen, die in der letzten Dezemberwoche auftraten, fort.

Die erwartete Erscheinung zeigte sich sehr auffällig. Bedeuten $E_{-,+}$ so wie bei Ebert, die bei negativer resp. positiver Ladung am Zerstreuungskörper in der Zeiteinheit (15 Minuten) neutralisierte Elektrizitätsmenge und $a_{-,+}$ die durch Division durch $15 \times 0{,}4343\ (1 - n)$ erhaltenen Zerstreuungskoeffizienten, wo n das das Verhältnis der Kapazitäten von Elektrometer zu Elektrometer + Zerstreuungskörper vorstellt, ferner ist q das Verhältnis von a_- zu a_+, so sind die Ergebnisse dieser vorläufigen Messungen folgende:

Durch diese kurze Messungsreihe ist vorläufig sicher gestellt, dass der Ionengehalt an Föhntagen das Vier- bis Zehnfache des an gewöhnlichen Tagen gemessenen beträgt. Es scheint auch die negative Zerstreuung grösser, was auf die Erhaltung des Charakters der Höhenluft schliessen lässt. Der höchste Wert trat an einem Tage auf, als der Föhn sehr heftig und bereits den dritten Tag hindurch geweht hatte. Wieviel die an Föhntagen viel stärkere Sonnenstrahlung zur Ionisierung beiträgt, ist noch nicht sicher anzugeben, doch steigen die Werte meist am Nachmittage.

In der Folge[1]) sollen solche Messungen in ausgedehnterem Masse, verbunden mit Messungen des Potentialgefälles, durch längere Zeit fortgesetzt werden. Es ist nämlich auch wahrscheinlich, dass bei länger anhaltenden anticyklonalem Wetter höherer Ionengehalt vorhanden ist, wie es auch die über dem Bodennebel sichtbare Transparenz der Bergansicht an solchen Tagen anzeigt.

Durch diesen Zustand der Föhnluft wäre aber auch ein meteorologisches Element gefunden, welches einer Prüfung von physiologischer Seite wert wäre. Die Änderungen aller anderen meteorologischen Faktoren sind solche, dass man von keinem einen besonderen Einfluss auf das vegetative Befinden von Lebewesen erschliessen könnte. Die rasche Erhöhung der Elektrizitätszerstreuung muss aber mit einer Schwankung des normalen Luftpotentiales verbunden sein, der höhere Ionengehalt und die vermehrte Ozonisierung sind Momente, welche wohl geeignet sind subjektive Sensationen im lebenden Organismus auszulösen. Es ist sogar vielleicht nicht zu gewagt, die Symptome, welche

1) Einer Zuschrift des Herrn Geheimrates v. Bezold verdanke ich die Mitteilung, dass derselbe bereits am 17. September 1900 den Wunsch nach solchen Messungen in Innsbruck ausgesprochen hat, wovon ich aber erst jetzt Kenntnis erhielt.

Messungen an Tagen

	ohne Föhn					mit Föhn				
	E_-	E_+	a_-	a_+	q	E_-	E_+	a_-	a_+	q
	2,92	2,03	1,12	0 78	1,44	9.46	11,37	2,84	3,41	0,85
	2,51	2,60	0,96	1,02	0,94	10,06	7,31	3,85	2,80	1,37
	2,44	3,44	0,93	1,32	0,70	12,09	12,16	3,63	3,65	1,00
	2,35	2,63	0,71	0,80	0,86	11,19	8,94	3,36	2,68	1,26
	5,29	3,94	1,59	1,18	1,34	9,50	11,36	2,85	3,41	0,84
	5,31	7,73	1,59	2,32	0,68	13,67	11,23	4,10	3,37	1,22
	1,23	3,19	0,37	0.96	0,38	8,34	10,31	3,19	3,95	0,81
	5,20	3,85	1,56	1,16	1,34	8,05	5,42	2,81	1.88	1,48
	5,85	5,59	1,76	1,68	1,05	12,87	17,68	4,48	6,16	0,73
	2,70	3,33	0,81	1,00	0,81	7,99	7,61	3,06	2,92	1,05
	2,70	3,71	0,81	1,11	0,73	7,78	7,75	2,98	2,97	1,00
	3,21	3,22	0,96	0,97	1,00	14,32	10,20	5,48	3,91	1,41
	4.24	4,03	1,27	1,21	1,10	11,14	6,36	3,34	1,91	1,75
	3,98	3,66	1,51	1,40	1.08	8,80	6,18	2,64	1,85	1,43
	4,51	4,85	1,58	1,69	0,93	13,50	9,47	4,05	2,84	1,43
	4,33	6,26	1,30	1,88	0,69	8,71	8,69	2,61	2,61	1,00
	4,76	6,77	1,43	2,03	0,70	18,93	10,64	5,68	3,19	1,78
	5,33	6,89	1,60	2,07	0,77	15,08	11,81	4,53	3,54	1,28
	3,20	3,23	0,96	0,97	1,00	28,14	27,09	8,47	8,13	1,04
Mittel:	3,80	4,80	1,20	1,34	0,92	12,09	10,66	3,89	3,43	1,20

die Föhnkranken zeigen, mit jenen der Bergkranken in eine Parallele zu bringen. Mattigkeit, Schwindel, Kopfschmerz, Herzklopfen und Schlaflosigkeit bilden auch einen Teil der Beschwerden der von Bergkrankheit Befallenen und wenn hier auch noch andere Momente eine wesentliche Rolle mitspielen, so sollte doch beim Studium dieser Krankheit der Einfluss der höheren Ionisierung und Ozonisierung der Höhenluft nicht ausser acht gelassen werden. Da sich diese Symptome auch bei anhaltendem anticyklonalem Wetter einstellen, so ist die Vermutung eines höheren Ionengehaltes umsomehr gerechtfertigt. Der Aufenthalt in mit Radium oder Polonium stark ionisierten Luftkammern, könnte bei für Föhn- oder Bergkrankheit besonders sensiblen Personen vielleicht zu erfolgreichen Versuchen führen.

Innsbruck im Januar 1902.

(Eingegangen 15. Januar 1902.)

Über eine einfache Methode, die Temperatur leuchtender Flammen zu bestimmen.

Von F. Kurlbaum.

In neuester Zeit sind die optischen Methoden für die Temperaturmessungen sehr in den Vordergrund getreten, wie sich u. a. durch die Konstruktion dreier verschiedener optischer Pyrometer kundgiebt.[1])

Diese Methoden setzen voraus, dass die Strahlung eine reine Temperaturstrahlung ist; und dass der betrachtete Körper das theoretisch mögliche maximale Emissionsvermögen besitzt, also schwarz ist. Für manche Methoden genügt es, wenn der betreffende Körper ein Emissionsvermögen besitzt, welches für jede Wellenlänge dem Emissionsvermögen des schwarzen Körpers proportional ist, d. h. wenn es ein grauer Körper ist. Treffen diese Voraussetzungen nicht zu, so können in der Temperaturbestimmung mehr oder weniger grosse Fehler gemacht werden.

Es darf als ausgemacht gelten, dass die Licht aussendenden Bestandteile der zur Beleuchtung benutzten Flammen feste Kohlenstoffpartikelchen sind. Wären diese in genügender Menge in der Flamme vorhanden, so würde die Flamme angenähert wie ein schwarzer Körper der gleichen Temperatur leuchten. Die Flamme würde undurchsichtig, und ihre Temperatur leicht bestimmbar sein.

Dass Russ in genügend dicker Schicht schwarz ist, ist allerdings nur für Russ bei niedrigerer Temperatur erwiesen, als er in der Flamme besitzt. Da aber Flammen nur ein höchst geringes Reflexionsvermögen, z. B. Sonnenlicht gegenüber, besitzen, so darf angenommen werden, dass die Kohlenstoffpartikelchen auch bei Flammentemperatur in genügend dicker Schicht schwarz sind. In dünnen Schichten ist Russ bekanntlich durchlässig und selektiv, dünne Schichten, z. B. auf Porzellan, erscheinen rot, d. h. er ist für rotes Licht durchlässiger, als für die kürzeren sichtbaren Wellenlängen, noch durchlässiger ist er für längere Wärmewellen.[1]) Es ist also bekannt, dass sein Absorptionsvermögen in dünnen Schichten im allgemeinen mit kürzeren Wellen zunimmt. Neu dagegen dürfte sein, dass diese selektiven Eigenschaften des Russes für bestimmte Temperaturen innerhalb bestimmter Spektralgebiete stärker entwickelt sind, als bei vielen undurchsichtigen Körpern, z. B. bei blankem Platin.

In folgendem möchte ich zeigen, dass einzelne der bisherigen Methoden zur Bestimmung von Flammentemperaturen aus diesem Grunde zu hohe Werte ergeben müssen, indem ich eine einfache und ziemlich genaue Methode benutze.

Ein schwarzer Körper sei auf eine bestimmte Temperatur gebracht und leuchte für ein beobachtendes Auge mit einer gewissen Helligkeit. Wird nun zwischen Auge und schwarzen Körper eine Flamme geschoben, so wird im allgemeinen die scheinbare Helligkeit des Körpers geändert. Hat die Flamme eine höhere Temperatur, so erscheint der Körper heller, hat sie eine tiefere Temperatur, so erscheint die Helligkeit geringer. Nur wenn der Körper und die Flamme die gleiche Temperatur besitzen, so bleibt die Helligkeit des Körpers ungeändert. Man braucht also nur die Temperatur des Körpers so lange zu variieren, bis die Helligkeit bei vorgeschobener Flamme die gleiche bleibt. Diese Methode ist einerseits durch die klassischen Betrachtungen Kirchhoffs über Emission und Absorption, andererseits durch die experimentellen Untersuchungen Rossettis[2]) über Flammen nahegelegt. Ferner wird sie durch die selektiven Eigenschaften des Russes nicht beeinflusst.

Für diese Methode ist das oben citierte optische Pyrometer von Holborn und mir sehr geeignet. Dasselbe besteht aus einer Objektivlinse, welche das Bild des Körpers, dessen Temperatur gemessen werden soll, an einer Stelle entwirft, wo sich der Kohlebügel einer 4-Voltlampe befindet. Kohlebügel und Bild

---

1) L. Holborn und F. Kurlbaum, Über ein optisches Pyrometer. Berl. Akad. Ber. **30**, 712—719, 1901. O. Lummer, Ein neues Interferenz- Photo- und Pyrometer. Verh. der Deutsch. Physik. Ges. 131—147, 1901. H. Wanner, Über einen Apparat zur photometrischen Messung hoher Temperaturen. Diese Zeitschr. **3**, 112—114, 1901.

1) F. Kurlbaum. Änderung der Emission und Absorption von Platinschwarz und Russ mit zunehmender Schichtdicke. Wied. Ann. **67**, 846—858, 1899.

2) F. Rossetti, Sur les pouvoirs absorbant et émissif des flammes et sur la température de l'arc voltaïque. Ann. de chim. et de phys. **18**, 457—495, 1879.

werden durch ein Okular und ein rotes Glas betrachtet, und der Lampenstrom wird so einreguliert, dass der Kohlebügel auf der leuchtenden Fläche wegen seiner gleichen Helligkeit verschwindet. Am gleichzeitig eingeschalteten Ampèremeter wird direkt die Temperatur des schwarzen Körpers abgelesen, da das Ampèremeter mit Hilfe eines schwarzen Körpers von bekannter Temperatur geaicht ist.

Es sei darauf aufmerksam gemacht, dass in der geschilderten Situation die Helligkeit des Bildes einer vor den Körper geschobenen Flamme nicht von dem Abstand von der Objektivlinse oder von der Schärfe des Bildes abhängt. Die Versuche ergaben, dass die Helligkeit des schwarzen Körpers durch eine davor gestellte Kerze nicht geändert wurde, wenn seine Temperatur ungefähr 1430° C. betrug. Dies ist demnach die Temperatur der Kerze, welche allerdings erheblichen Schwankungen unterworfen ist, da an der gleichen Kerze die Temperaturen 1439, 22, 28, 25, 48, 26, im Mittel also 1431° C. gefunden wurde.

Die Herren Lummer und Pringsheim finden, dass die Kerzentemperatur wahrscheinlich zwischen den Grenzen 1687 und 1477° C. oder 1960 und 1750° abs. Temp. liegt.[1])

Die Temperaturgrenzen waren aus der Lage des Maximums der bolometrisch gefundenen Energiekurve erschlossen, für den Fall, dass die Kohle Strahlungseigenschaften besitze, welche zwischen denen des Platins und des schwarzen Körpers liegen. Wie man sieht, gehört der Kohlenstoff in so dünnen Schichten, wie er sich in den gewöhnlichen Kerzen befindet, nicht zu dieser Gruppe von Körpern. Das Maximum ist wegen der selektiven Eigenschaften nach den kurzen Wellen verschoben, und die Temperatur erscheint deshalb höher.

In neuester Zeit hat in gleicher Weise, wie die Herren Lummer und Pringsheim, Herr G. W. Stewart die wahrscheinlichen Temperaturgrenzen für die Acetylenflamme bestimmt.[1]) Er findet für eine cylindrische Flamme 2890 bis 2560° C., für eine flache Flamme 3000 bis 2650° C. Diese Temperaturen dürften viel zu hoch sein.

1) Verh. der Deutsch. Physik. Ges. 1901, 36—46.

Ich möchte auch an dieser Stelle hervorheben, dass es ein ausserordentlicher Vorteil des benutzten Pyrometers ist, dasselbe für derartige Zwecke als Photometer benutzen zu können und statt der mit hohen Potenzen der Temperatur anwachsenden photometrischen Helligkeit, die mit der Stromstärke ungefähr linear ansteigende Temperatur selbst einführen zu können. Gleichzeitig sind damit die für einfache Methoden unbequemen sehr intensiven Lichtschwächungen vermieden, welche z. B. durch rotierende Sektoren oder durch Absorptionsplatten oder Nicols bewirkt werden müssen.

Die von mir benutzte Methode darf nur angewendet werden, wenn erwiesen ist, dass die leuchtenden Kohlepartikelchen der Flamme nicht von irgend welchen Gasen umgeben sind, welche in dem benutzten Spektralgebiet eine unkontrollierbare Absorption ausüben. Wollte man z. B. dieselbe Methode bolometrisch für die Gesamtstrahlung der Flammen anwenden, so könnte die Absorption der in der Flamme befindlichen Verbrennungsprodukte eine erhebliche Fehlerquelle bilden.

Durch die vorhergehenden Erörterungen glaube ich erwiesen zu haben, dass man aus der Intensitätskurve der Flamme nicht direkt die Temperatur der Flamme berechnen kann, wohl aber kann man umgekehrt, nachdem die Temperatur der Flamme auf andere Weise bestimmt ist, aus der Intensitätskurve die selektiven Eigenschaften der Kohlenstoffpartikelchen für verschiedene Wellenlängen entnehmen, indem man diese Kurve mit derjenigen des schwarzen Körpers von gleicher Temperatur vergleicht.

1) The distribution of energy in the spectrum of the acetylene flame; Physical review 13, 257—282, 1901.

(Eingegangen 22. Januar 1902.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

J. Billitzer, Referat über die Vorträge der Abteilung 4 (Chemie einschliesslich Elektrochemie).

Von den Vorträgen der Abteilung für Chemie waren für Physiker von Interesse:

Erdmann (Berlin): Über gelbes Arsen. Beobachtungen, welche auf die Existenz einer zweiten Modifikation des Arsens deuten, die sich von der wohlbekannten metallisch-glänzenden, hexagonal-rhomboedrischen Form durch metalloide Natur und gelbe Farbe unterscheidet, reichen bis in die Zeit Berzelius' zurück. Es wurden aber auch viele widersprechende Meinungen geäussert, so dass die Frage noch offen geblieben war, bis Vortragender, die zweite Modifikation dargestellt hat. Die Widersprüche finden in der fast

beispiellosen Lichtempfindlichkeit der neuen Modifikation und in ihrer Unbeständigkeit eine Erklärung.

Verfasser gewinnt das gelbe Arsen durch Vergasen gewöhnlichen Arsens in einem Aluminiumrohre unter langsamem Kohlensäurestrome, plötzliches Abkühlen der Dämpfe und Verdichten des nun umgewandelten Arsens unter Schwefelkohlenstoff, in welchem es eine etwa 5prozentige Lösung liefert. Aus dieser Lösung scheidet sich, wie Vortragender demonstriert, das gelbe Arsen bei der Temperatur der flüssigen Luft aus, färbt sich aber am Licht bald dunkel; vor Belichtung geschützt, ist es aber bei dieser Temperatur unbegrenzt haltbar, bei der Temperatur des Kohlensäure-Äther-Kältegemisches bleibt es längere Zeit unverändert; bei gewöhnlicher Temperatur verwandelt es sich aber selbst bei peinlichem Lichtabschluss rasch in gewöhnliches Arsen zurück. Diese Lichtempfindlichkeit besitzt die Lösung in Schwefelkohlenstoff nicht. Redner weist auf eine eventuelle Verwendung in der Photographie hin.

Dampft man die Schwefelkohlenstofflösung im Vakuum bei tiefer Temperatur ein, so erhält man eine feste Masse gelben Arsens. Dieses ist mit Wasserdämpfen flüchtig und weist einen stärkeren Geruch nach Knoblauch auf, als gewöhnliches Arsen.

Die Molekulargrösse des gelben Arsens wurde gleich As_4 gefunden (Molekulargewicht rund 300), ist also dieselbe wie für Arsendampf.

Es folgten dann einige allgemeinere Betrachtungen. Der Vortrag wurde durch Demonstrationen unterstützt.

Hofmann (München): Über die Euxenerde. Vortragender hat das Spektrum des Elementes der Euxenerde beobachtet und sein Atomgewicht in erster Annäherung = 145 bestimmt. Im periodischen Systeme füllt es das Intervall zwischen Niob (94) und Tantal (182) aus.

Küster (Klausthal): Über Sulfide und Polysulfide. Vortragendem ist es gelungen, auf physikalisch-chemischem Wege, die rein chemisch nicht zu lösende Frage, ob die Polysulfide Derivate der verschiedenen Schwefelwasserstoffsäuren sind, zu entscheiden. Systematische Bestimmungen der Hydrolyse, der Leitfähigkeit und der Fähigkeit, Schwefel, zu lösen, ergeben den Schluss, dass die Polysulfide keine sulfoschwefelwasserstoffsauren Salze sind, dass wir vielmehr die Lösungen der Natriumsulfide als Mischungen des Natriumsulfides und des verhältnismässig beständigen Tetrasulfides aufzufassen haben.

Otto Ruff (Berlin): Das Eisenoxyd und seine Hydrate. Der bekannte rotbraune Niederschlag von Eisenhydroxyd, den man beim Versetzen von Ferrichloridlösungen mit Ammoniak erhält, ist, wie van Bemmelen gezeigt hat, kein Hydrat, sondern ein echtes Kolloid, dessen Wasserdampftension lediglich von der Art und dem Fortschritte der Trocknung abhängt.

Andererseits existieren solche Hydrate in der Natur neben wasserfreiem Eisenoxyd in den Formen:

Hydrohämatit: $Fe_2O_3 \cdot {}^1/_2 H_2O$
Goethit: $Fe_2O_3 \cdot H_2O$
Brauneisenstein: $Fe_2O_3 \cdot 1\,{}^1/_2 H_2O$
Xanthosiderit: $Fe_2O^3 \cdot 2H_2O$

Ihre Bildung ist sehr wahrscheinlich aus dem Kolloid erfolgt.

Vortragender hat die Bedingungen für die Bildung und Umwandlung dieser Hydrate untersucht. Die unter gewöhnlichen Umständen sehr langsame Umwandlung konnte nicht durch Tensionsbestimmungen verfolgt werden. Bei Anwendung eines Druckes von ca. 6000 Atmosph., den Vortragender auf das Kolloid unter Wasser wirken liess, gelang es aber, die Umwandlungszeit auf einige Tage zu verkürzen. Folgende Umwandlungspunkte (die durch den hohen Druck etwas zu Ungunsten des Kolloids verschoben sind) wurden gefunden:

Bis etwa $42 \cdot 5^0$ entstand das gelbe, dem Brauneisenstein entsprechende Hydrat $Fe_2O_3 \cdot 1\,{}^1/_2 H_2O$,
von $42 \cdot 5^0 - 62 \cdot 5^0$, das, dem Goethit entsprechende ziegelrote Hydrat $Fe_2O_3 . H_2O$,
über $62 \cdot 5^0$, das, dem Hydrohämatit entsprechende ziegelrote Hydrat $Fe_2O_3 \cdot {}^1/_2 H_2O$.

Die obere Grenze dieses letzteren gegen wasserfreies Oxyd war in der Nähe von 100^0 noch nicht erreicht. Die Erleichterung der Hydratbildung unter Druck weist auf eine Volumverringerung bei diesem Vorgange hin.

Bei mittlerer Temperatur und Feuchtigkeit ist Brauneisenstein das einzig beständige Hydrat. In den Erzlagern dürfte im Laufe der Jahrhunderte eine stete, wenn auch äusserst langsame Umwandlung der anderen Formen und des wasserfreien Eisenoxydes in Brauneisenstein erfolgen.

Der Versuch einer Erklärung für den Übergang des Kolloides in das wasserfreie Produkt vor der Bildung der Hydrate bildete den Schluss der Darlegungen.

Hantzsch (Würzburg): Über den Zustand von Elektrolyten in wässeriger Lösung. Der Verteilungskoeffizient eines Salzes zwischen zwei Lösungsmittel ist im allgemeinen wenig von der Temperatur abhängig, sehr gross wird jedoch die Abhängigkeit von der Temperatur, wenn man Stoffe zwischen Lösungsmittel verteilt, deren eines Wasser, oder eine Verbindung vom Typus des Wassers ist. Mit zunehmender Temperatur verschiebt sich dann die Verteilung zu Gunsten des nichtwässerigen Anteils. Redner sucht dies durch Bildung von Hydraten zu erklären,

die beim Erhitzen zerfallen. Sehr sonderbar ist in solchen Fällen das Verhalten von Jod. Es giebt bekanntlich braune und violette Jodlösungen, in letzteren wird eine Komplexbildung vermutet; während nun der Verteilungskoeffizient zwischen braunen und violetten Lösungen mit der Temperaturänderung stark verschoben wird, ist er zwischen zwei braunen Lösungen von der Temperatur fast unabhängig.

Weigert (Berlin): Über das Calciumsulfat und die Umwandlungsbedingungen von Gips und Anhydrit. Die 3 Systeme:

I. $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (Gips) $\rightleftarrows CaSO_4 \cdot {}^1/_2 H_2O$ (Halbhydrat) $+ 1\,{}^1/_2 H_2O$

II. $CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightleftarrows CaSO_4$ (nat. Anhydrid) $+ 2H_2O$

III. $CaSO_4 \cdot 2H_2O \rightleftarrows CaSO_4$ (lösl. Calciumsulfat) $+ 2H_2O$

wurden auf Grund der Maximalwasserdampftensionen des Gipses bei Umwandlung in die wasserärmeren Salze untersucht. Die Umwandlungspunkte waren für die verschiedenen

		in Wasser	in gesätt'gter $NaCl$ Lösung.
	I	$107 \cdot 2^0$	76^0
Systeme:	II	ca. 70^0	ca. 30^0
	III	89^0	-

Der Gips hat demnach 3 Schmelzpunkte, welche durch die, bei der Entwässerung häufig auftretenden Verzögerungserscheinungen, alle drei experimentell nachzuweisen sind. Bei 70^0 bildet sich der natürliche Anhydrit, bei 89^0 das lösliche wasserfreie Calciumsulfat und bei $107 \cdot 2^0$ das Halbhydrat. Letzteres ist bei allen Temperaturen labil in Bezug auf beide wasserfreie Modifikationen, bildet sich aber bei schneller Steigerung der Entwässerungstemperatur stets zuerst. Selbst bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt es sich, zwar erst nach Jahren, entsprechend der Gleichung:

$$4\,CaSO_4 \cdot {}^1/_2 H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O + 3\,CaSO_4,$$

Eine Anwendung auf die Bildungsverhältnisse der marinen Calciumsulfatablagerungen gestattet nur das stabilste System II. Die Umwandlungstemperatur für Gips und Anhydrit in Gegenwart gleichzeitig auskrystallisierender Salze ist durch den Schnittpunkt der entsprechenden Tensionskurven gegeben. Mit $NaCl$ ist sie 30^0, mit leichter löslichen Salzen, wie $MgCl_2$, $CaCl_2$ noch tiefer, so dass wahrscheinlich das marine Calciumsulfat sich primär als Anhydrit absetzte, während der Gips ein sekundäres Hydratationsprodukt zu sein scheint.

Rischbieth (Hamburg) demonstriert gasvolumetrische Versuche, welche er durch praktische Verwendung der Bunteschen Burette und sinnreiche Vereinfachungen, zu lehrreichen und eleganten Vorlesungsexperimenten ausgearbeitet hat.

Abegg (Breslau) demonstriert die Ausführung der schon in dieser Zeitschrift (2, 539, 1901) beschriebenen neuen Methode zur Bestimmung der Ionenbeweglichkeiten.

Billitzer (Göttingen): Studien am Acetylen. Löslichkeitsversuche haben ergeben, dass Acetylen in Alkalien der Einwirkung zweier Faktoren unterworfen ist, die einander entgegenwirken und seine Löslichkeit beeinflussen. Der eine bewirkt eine Löslichkeitsvermehrung und beruht auf Salzbildung, der andere Löslichkeitserniedrigung und wird durch Salzwirkung ausgeübt. Ihr Zusammenwirken führt in besonderen Fällen zu einem Löslichkeitsmaximum bei einer bestimmten Konzentration des Lösungsmittels, eine Erscheinung, die sich rechnerisch verfolgen lässt. Durch Löslichkeitsbestimmungen von Äthylen in den gleichen Lösungsmitteln gelang es, die zwei Wirkungen zu trennen, da erstere in diesem Falle nicht besteht. Aus den Versuchsdaten geht es mit Sicherheit hervor, dass Acetylen eine Säure ist, deren Stärke etwa 600 mal kleiner ist, wie die der Kohlensäure, deren Dissoziation etwa der des Wassers gleichkommt, so dass man in Acetylenlösungen Anionen: $C \equiv \overline{CH}$ und $\overline{C} \equiv \overline{C}$ anzunehmen hat, wie im Wasser $\overline{OH}$ und $\overline{\overline{O}}$.

Wohlwill (Hamburg): Über das Zerfallen der Anode. Die bekannte Erscheinung des Zerfalles der Anode, die bei den verschiedensten Metallen auftritt, und beim Silbervoltameter z. B. dadurch unschädlich gemacht wird, dass man die Anode in Filterpapier hüllt, erklärt Vortragender auf folgende Weise:

An der Anode gehen neben Oxyd-, auch Oxydulsalze in Lösung. Durch Rückzersetzung der letzteren — indem z. B. Cu_2SO_4 in Cu und $CuSO_4$ zerfällt — wird Metall an der Anode niedergeschlagen, nicht aber in fester Form, sondern in Gestalt lose zusammenhängender Flitter, deren Anwachsen und Herabfallen den Zerfall der Anode herbeiführt. In Lösungen, wo die Rückzersetzung ausgeschlossen ist — z. B. Anoden von Ag in KCN —, findet auch kein Zerfall statt. Anwendung hoher Stromdichten und sehr glatter Elektroden erschwert diesen Vorgang.

Coehn (Göttingen): Über kathodische Polarisation und Bildung von Legierungen. (Nach Versuchen von Dannenberg.) Werden Metallionen an festem Metall abgeschieden, so erfahren sie eine Erniedrigung des Entladungspotentiales, wenn sie befähigt sind, mit letzterem Legierungen zu bilden; der Grad der Depolarisation ist zugleich ein Massstab für ihre Tendenz, die Legierungen einzugehen.

Verwendet man Quecksilber als Kathode, so tritt diese Erscheinung, dank der viel rascheren Diffusion von der Oberfläche in das Innere, noch deutlicher zu Tage. Es wurde die Reihenfolge

mit den Zahlen: $\overset{Zn}{0\cdot15}$ $\overset{Cd}{0\cdot12}$ $\overset{Ag}{0\cdot09}$ $\overset{Cu}{0\cdot08}$ $\overset{Fe}{0\cdot02}$ Volt für die Depolarisation gefunden. Die beim Zink erhebliche, beim Eisen verschwindende Tendenz zur Amalgambildung tritt hier deutlich hervor.

Ist das Kation Wasserstoff, so ist nur an Palladiumkathoden eine Depolarisation zu beobachten, nur mit diesem Metall wird daher eine Legierung gebildet, an allen anderen Kathoden tritt eine Überspannung auf, die für das betreffende Kathodenmetall charakteristisch ist.

Arndt (Berlin): Über die Zersetzungsgeschwindigkeit von Ammoniumnitrit.

Durch Bestimmung der Zersetzungsgeschwindigkeit des Ammoniumnitrits in Stickstoff und Wasser nach:

$$NH_4NO_2 = N + 2H_2O$$

in Lösungen verschiedener Konzentration, und des Einflusses, den Fremdkörper auf sie ausüben, gelangt Vortragender zu der Ansicht, dass die Zersetzung durch die Vermittelung freier salpetriger Säure herbeigeführt wird, welche durch Hydrolyse geliefert wird.

Wegscheider (Wien): Das Verhältnis der chemischen Kinetik zur Thermodynamik. Vortragender findet durch Deduktionen bei komplizierten simultanen Gleichgewichten der Form:

$$u_1 \rightleftarrows u_2 \rightleftarrows u_3,$$

wo u_3 mit u_1 wieder durch:

$$u_3 \rightleftarrows u_1$$

verbunden ist, bei Anwesenheit eines Katalysators einen Widerspruch zwischen den kinetischen und thermodynamischen Ableitungen, lässt es aber dahingestellt sein, ob der betrachtete Fall realisierbar ist. Eine Übereinstimmung der Resultate ist zwar herzustellen, wenn man gewisse Beziehungen zwischen den Gleichgewichtskonstanten aufstellt; doch sind letzere nicht aus kinetischen Anschauungen abzuleiten.

Der Gang der Deduktionen ist im Auszuge nicht wiederzugeben, es sei auf die demnächst in der Wiener Akademie und den Monatsheften für Chemie erscheinende Arbeit verwiesen.

Meyerhoffer (Berlin): Über einige Versuche von Guldberg und Waage. Vortragender hat die Guldberg-Waagesche Gleichung $\frac{K_2CO_3}{KSO_4} = 4$ geprüft, und ihre Konstanz durchaus nicht erfüllt gefunden, vielmehr nimmt dieselbe mit Zunahme der Konzentration und der Temperatur ab. Für eine 2 molekulare Lösung vom Karbonat war sie $4\cdot68$, stieg die Konzentration auf $8\cdot1$ Mol., so war sie nur mehr $3\cdot80$, bei einer Verfolgung bis zur Sättigung ändert sie sich um 500 Prozent. Die Phasentheorie ermöglicht eine einfache Deutung.

Bringt man in Lösungen von K_2SO_4 und K_2CO_3, $BaCO_3$ und $BaSO_4$ als feste Bodenkörper, so hat man reziproke Salzpaare, von welchen nach van't Hoff nur eines stabil sein kann. Es wurde gefunden, dass der stabile Zustand erreicht ist, wenn $BaCO_3$ fester Bodenkörper ist, $BaSO_4$ wird daher, freilich langsam, in das Karbonat verwandelt.

(Eingegangen 18. Oktober 1901.)

H. Haga (Groningen), Über den Klinkerfuesschen Versuch.[1])

Während der 70sten Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte wurde, veranlasst durch die Referate der Herren W. Wien und H. A. Lorentz: „Über die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen", der Wunsch ausgesprochen, dass einige auf diesen Gegenstand sich beziehende Untersuchungen wiederholt werden möchten. Infolgedessen habe ich es unternommen, den Klinkerfuesschen Versuch zu wiederholen.

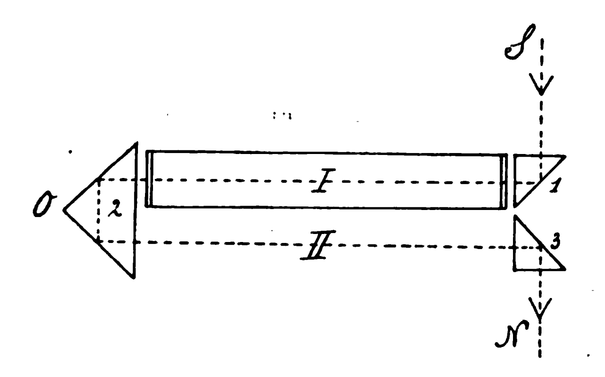
Klinkerfues' „Versuche über die Bewegung der Erde und der Sonne im Äther" sind in den Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften, Göttingen 1870, S. 226, publiziert worden: Eine mit Sauerstoff angeblasene Petroleumlampe schickte ihre Strahlen durch einen aus fünf Prismen bestehenden Spektralapparat mit gerader Durchsicht in der Richtung Süd-Nord, die Strahlen wurden durch ein total reflektierendes Prisma je nach dessen Stand nach Ost oder West abgelenkt und durch ein von einem Okularmikrometer versehenes Fernrohr beobachtet. Zwischen Objektiv und totalreflektierendem Prisma wurde ein mit Planparallelgläsern geschlossenes, mit Bromdampf gefülltes Gefäss aufgestellt. Da der Docht der Lampe mit essigsaurem Natron getränkt war, sah Klinkerfues im Beobachtungsfernrohr die hellen Na-Linien und das Absorptionsspektrum des Bromdampfes. Wegen der Bewegung der Erde um die Sonne wird um Mittag für das östliche Fernrohr die Richtung der Lichtstrahlen im Bromdampfe der Bewegung des Bromes entgegengesetzt, für das westliche Fernrohr gleichgerichtet sein. Um Mitternacht sind diese Verhältnisse umgekehrt. Klinkerfues giebt an, in beiden Fernröhren eine Verschiebung des Bromspektrums gegen das Natriumspektrum beobachtet zu haben und zwar beim Absorptionsstreifen $\lambda = 573.4\ \mu\mu$ um $0.0455\ \mu\mu$.

In zweierlei Hinsicht glaube ich Verbesserungen in den Versuchsanordnungen angebracht zu haben: 1. habe ich für sämtliche Messungen dasselbe Fernrohr und dasselbe Mikrometer angewandt, und 2. eine viel stärkere Dispersion, so dass, statt wie Klinkerfues einen Absorptionsstreifen, der 27 mal weiter von den Na-

1) Abteilung 2, 26. September 1901.

Linien entfernt war als die Distanz der beiden *Na*-Linien beträgt, ich Absorptionslinien zwischen den *D*-Linien wählen konnte.

Meine Versuchsanordnung war folgende: Das schwach konvergierende Licht einer von einem Strom von 18 Ampère gespeisten Bogenlampe durchlief die totalreflektierenden Prismen 1, 2 und 3 und wurde durch eine Linse auf den Spalt eines Spektrometers konzentriert. Zwischen den Prismen 1 und 2 (Lage I) oder zwischen 2



und 3 (Lage II) wurde ein mit Bromdampf gefülltes Glasgefäss (30 × 3 × 3 cm) gestellt, so dass, da die Bogenlampe südlich vom Spektrometer stand und das Prisma 1 das Licht östlich ablenkte, um Mittag in der Lage I die Richtung der Lichtstrahlen im Bromdampfe der Erdbewegung entgegengesetzt war, in der Lage II gleichgerichtet. Um Mitternacht waren diese Verhältnisse umgekehrt.

Zur Erzeugung von *D*-Linien berührte ich während kurzer Zeit die Kohlen der Bogenlampe mit einem dünnen Stab blauen Einschmelzglases, wodurch stundenlang die *D*-Linien als äusserst scharfe dunkele Linien sichtbar blieben.

Das Spektrometer war ein sehr schönes, von Schmidt & Haensch bezogenes Instrument; der Kollimator und das Fernrohr hatten Objektive von 55 mm Durchmesser und 420 mm Fokuslänge; das Okular des Okularmikrometers vergrösserte 30 mal; die Trommel war in 100 Teile geteilt. Auf dem Tische des Spektrometers stand ein Rowlandsches Plangitter (4″; 14438 Teilstriche per Zoll), welches sich auszeichnete durch überaus intensive Spektra, so dass es möglich war, das dritte Spektrum zu benutzen. Ganz deutlich waren zwischen den *D*-Linien sämtliche 18 von Hasselberg[1]) gemessenen und gezeichneten Absorptionslinien des Bromdampfes zu sehen. Von diesen Linien wählte ich drei (mit *a*, *b* und *c* angedeutet), die sich am besten zur Messung eigneten, und der Klinkerfuessche Versuch bestand also aus der mikrometrischen Einstellung auf D_1, D_2 und die Bromlinien *a*, *b* und *c*, und zwar in den Lagen I und II, um Mittag und um Mitternacht.[1])

1) B. Hasselberg, Svensk Ak. Handl. 24, Nr. 3, 1891.

Aus diesen Messungen ergab sich die Entfernung der drei Bromlinien bis zur Mitte zwischen den *D*-Linien; die folgende Tabelle enthält das Mittel meiner Bestimmungen in Trommelteilen mit Angabe der mittleren Fehler:

Mittag

	Lage I	II
a bis $\frac{1}{2}(D_1 + D_2)$	**117.3** ± 0.17	**117.7** ± 0.18
b bis $\frac{1}{2}(D_1 + D_2)$	**7.3** ± 0.15	**7.6** ± 0.23
$\frac{1}{2}(D_1 + D_2)$ bis *c*	**82.5** ± 0.17	**82.3** ± 0.33

Mitternacht

	Lage I	II
a bis $\frac{1}{2}(D_1 + D_2)$	**117.2** ± 0.26	**117.4** ± 0.19
b bis $\frac{1}{2}(D_1 + D_2)$	**7.3** ± 0.28	**7.3** ± 0.18
$\frac{1}{2}(D_1 + D_2)$ bis *c*	**82.6** ± 0.29	**82.5** ± 0.25.

Die Entfernung der beiden *D*-Linien war **390.2** ± 0.22.

Nach Klinkerfues' Betrachtungen und Beobachtungen sollten die gemessenen Entfernungen in den Lagen I um Mittag und II um Mitternacht einerseits einen Unterschied zeigen mit den Entfernungen in den Lagen I um Mitternacht und II um Mittag; da Klinkerfues einen Unterschied gefunden hat von 0.0455 $\mu\mu$ und bei meinen Messungen 390.2 Trommelteile mit 0.602 $\mu\mu$ übereinstimmen ($\lambda_{D_1} - \lambda_{D_2}$), hätte ich einen Unterschied von 30 Trommelteilen finden müssen.

Vereinigt man aber die Resultate meiner Beobachtungen in dieser Weise, so bekommt man:

	I und II (Tag Nacht)	II und I (Tag Nacht)
a	**117.3**⁵ ± 0.12	**117.4**⁵ ± 0.16
b	**7.3** ± 0.12	**7.4**⁵ ± 0.18
c	**82.5** ± 0.15	**82.4**⁵ ± 0.22.

Aus diesem Resultate folgt, dass ich keineswegs Klinkerfues' Beobachtungen habe bestätigen können, und dass, während Klinkerfues eine Verschiebung der Absorptionslinien des Bromdampfes gegen das Natriumspektrum zum Betrage von $^1/_{13}$ der Entfernung der *Na*-Linien glaubt konstatiert zu haben, diese nach meinen Messungen nicht grösser als etwa $^1/_{1000}$ jener Entfernung betragen kann.

Da diese Messungen auch gestatten, aus den Wellenlängen der *D*-Linien diejenigen der drei Absorptionslinien zu bestimmen, konnte ich meine Bestimmungen mit den Hasselbergschen vergleichen. Nimmt man mit Hasselberg für die Wellenlänge von

$D_1 = 5896.25$ Angströmsche Einheiten (0.1 $\mu\mu$)
$D_2 = 5890.23$ „ „

so bekommt man:

1) Ausführlicher sind die Messungen mitgeteilt in Bosschas Jubelband; Archives Néerlandaises, (2) Bd. 6, S. 765.

	Haga	Hasselberg
a	5895.05	5895.01
b	5893.35	5893.37
c	5891.97	5891.98.

Der kleine Unterschied bei *a* könnte aus dem Umstand erklärt werden, dass bei den Hasselbergschen photographischen Aufnahmen das Maximum der Linie *a*, die etwas breit ist und unscharfe Ränder hat, sich an einer anderen Stelle zeigt, als beim direkten Beobachten.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 15. November 1901.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Kaufmann (Göttingen). Ich möchte an den Vortragenden eine Frage in betreff des angeblich positiven Resultates richten. Giebt Klinkerfues die Temperatur bei Tage und bei Nacht an? Es wäre ja möglich, dass die Temperaturen nachts geringer wären, und dass das einen Einfluss auf die Dispersion des Prismas ausübt.

Haga. Nein; Klinkerfues giebt die Temperaturen nicht an; seine Mitteilung ist sehr kurz abgefasst.

Kaufmann. Ich bemerke, dass das Prisma von Klinkerfues in Göttingen noch vorhanden ist; es ist aber nach heutigen Begriffen ein sehr schlechtes Prisma.

Cohn (Strassburg). Die Kenntnis der Temperatur ist auch nicht nötig. Ein positives Versuchsergebnis am Mittag wäre für sich allein beweisend; die Wiederholung um Mitternacht ist nur eine Kontrolle. Ein Unterschied müsste bei der Vertauschung von Ost gegen West in einem Sinne auftreten am Mittag, und im anderen Sinne um Mitternacht. Aber wir werden die von Klinkerfues gefundenen Differenzen nicht mehr als reell zu betrachten haben.

Damit ist wohl jeder experimentell festgelegte Einfluss der Erdbewegung auf optische Erscheinungen verschwunden. Es ist mir nichts erinnerlich, was noch bestehen bliebe, nachdem Fizeau seine Resultate preisgegeben hat.

Wachsmuth (Rostock). Ich habe auf der Düsseldorfer Versammlung die Wiederholung des Mascartschen Versuches übernommen. Es ist dabei zu prüfen, ob die Drehung der Polarisationsebene infolge der Rotations-Dispersion in messbarer Weise beeinflusst wird durch die Erdbewegung. Mascart selbst hat diese Versuche im Jahre 1870 angestellt und dabei mit einem nach heutigen Begriffen noch unempfindlichen Polarisationsapparat gearbeitet. Die Genauigkeit der Resultate suchte er zu erhöhen, indem er sehr dicke Quarzplatten für seine Drehungen benutzte.

Mein Versuchsapparat ist seit längerer Zeit nach gemeinsamen Überlegungen durch die Firma Schmidt & Haensch in Berlin auf dem Papier fertig konstruiert. Ich habe mich aber bisher noch nicht entschlossen, von der Berliner Akademie der Wissenschaften eine Summe für die Ausführung zu erbitten, weil mich Freunde an der Physikalischen Reichsanstalt darauf aufmerksam gemacht haben, dass nach dort vorliegenden Erfahrungen die Empfindlichkeit nicht proportional der Dicke der Quarzplatten zunehme. — Daran würden denn alle Versuche scheitern. Man sagt mir, es trete eine so starke Aufhellung im Innern des Quarzes ein, dass von einer Erhöhung der Genauigkeit durch Verdickung der Quarzplatte keine Rede mehr sei.

Wenn das wahr ist, so würde ich unter Umständen von der Ausführung meines Apparates abstehen müssen. Andererseits scheint sich daraus für die Mascartschen Versuche zu ergeben, dass auch deren Resultate angezweifelt werden dürften, weil dann Mascart gar nicht die beabsichtigte Genauigkeit erreicht hätte.

Ich werde nun zunächst versuchen, mir die Beihilfe der Reichsanstalt zu erbitten für die Frage: Kann ich bei einer 10 cm dicken Quarzplatte mit derselben Genauigkeit einstellen wie bei einer 1 mm dicken Platte? Mit anderen Worten: Ist im ersteren Falle die Genauigkeit in Prozenten des Drehungswinkels hundertmal so gross wie im zweiten, oder nicht?

Lummer (Charlottenburg). Da Herr Prof. Wachsmuth mich zum Zeugen aufgerufen hat, so möchte ich bestätigen, dass thatsächlich die Genauigkeit nicht entfernt mit der Dicke der Quarzplatte zunimmt. Freilich haben wir nicht 10 cm dicke Quarze untersucht, aber die genannte Tendenz tritt schon bei Dicken bis zu 2 cm deutlich auf.

Was den interessanten Vortrag von Herrn Haga anlangt, so ist es nun erwiesen, dass das Resultat von Klinkerfues auf Täuschung beruht oder durch Fehler verursacht ist. Ich habe aber nicht begriffen, wie man den Abstand der *D*-Linien auf $^1/_{1000}$ genau hat messen können. Mit dem besten Spektrum habe ich nur Auflösungen so geringer Art bekommen, dass man die eine gelbe Quecksilberlinie gerade noch als doppelt erkennt. Beim Interferenz-Spektroskop sieht man sie vervierfacht, wobei aber die Wellenlängendifferenz erst dem hundertsten Teil der *D*-Linien entspricht. Ich möchte daher nur fragen, ob die erreichte grosse Genauigkeit durch Mittelwerte erzielt worden ist, dabei aber betonen, dass auch dann noch das von Herrn Haga erhaltene Resultat über alle Zweifel erhaben ist.

Haga. Gewiss, obengenannte Genauigkeitsgrenze ist aus den Beobachtungen abgeleitet; ich möchte aber bemerken, dass die Trennung

einer Linie etwas anderes ist, als die Bestimmung einer Verschiebung, wie dies bei meinen Versuchen geschah.

J. Elster (Wolfenbüttel), Luftelektrische Messungen auf Capri und Spitzbergen.[1]

Die Messungen auf Capri im April 1900 beschränkten sich auf die Bestimmung der elektrischen Zerstreuungskoeffizienten für positive (a_+) und negative Elektrizität (a_-). Von der Ermittlung des Potentialgefälles wurde abgesehen, da die Terrainverhältnisse eine Reduktion auf absolutes Mass ausschlossen. Die Leitfähigkeit der über Capri lagernden Luft übertraf im Mittel die über den kontinentalen Gebieten um das 3- bis 4fache. Der für a_+ gefundene Maximalwert von ca. 6% stellt zugleich das absolute Maximum aller zwischen dem 35° und 80° n. Br. im Meeresniveau gewonnenen Werte dar. Auch die Beträge für a_- sind sehr hoch und werden im Mittel nur von den in der durchsichtigen Luft Spitzbergens beobachteten überholt. Sobald der Wasserdampf der Atmosphäre zur Kondensation neigte, was in Capri dadurch zum Ausdruck kam, dass sich bei sonst wolkenlosem Himmel die Kuppen der Berge in Nebel hüllten, gingen die Werte der a auf etwa die Hälfte zurück. Der Standort des Zerstreuungsapparates war stets frei von Nebeln. Polarverschiedene Werte der a wurden auf Capri in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen von Geitel und mir nur auf dem Kulminationspunkte der Insel, dem 585 m hohen Monte Solaro beobachtet, während im August auf Spitzbergen auch an elektrisch geschützten Orten der Entladungsvorgang ausnahmslos unipolaren Charakter trug und zwar entwich eine dem Zerstreuungskörper mitgeteilte negative Ladung 2—3 mal so schnell als eine entsprechende positive. Die Vermutung, dass dies schnellere Entweichen negativer Ladungen durch ein abnorm hohes positives Potentialgefälle bedingt werde, erwies sich als unzutreffend; es ergab sich vielmehr für diese Grösse ein auffallend geringer Betrag. Spätere, gemeinschaftlich mit Geitel in unserem Wohnorte angestellte Versuche lehrten, dass in Luft von solcher Aktivität, wie sie über Spitzbergen lagert, ein Potentialgefälle von wenigen $\frac{\text{Volt}}{\text{Meter}}$ ausreichend ist, den Entladungsvorgang in einen polarverschiedenen umzuwandeln.

[1] Abteilung 2, 26. September 1901.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 20. Oktober 1901.)

A. Hesekiel (Berlin), Über neue Photographien in natürlichen Farben.[1]

Einleitend macht Redner darauf aufmerksam, dass die Photographie in natürlichen Farben, die wir solange ohne praktische Erfolge erstrebten, heutzutage schon mehr oder weniger befriedigend auf vier verschiedenen Wegen zu erreichen ist. Er erinnert an die direkte (Interferenz) Methode von Lippmann, bei welcher man unter Zuhilfenahme einer mit Quecksilber angefüllten Kassette direkt in der Kamera farbige Bilder erzielt, die allerdings nicht kopierfähig sind und die man nur mit besonders konstruierten Apparaten projizieren kann. Da das Betrachten der Lippmannschen Bilder in seitwärts auffallendem Lichte geschehen muss und man gut thut, jedem einzelnen Bilde ein Prisma aufzukitten, so dürfte, ganz abgesehen von allerlei anderen Mängeln, die Methode zu praktischer Verwendung kaum gelangen.

Als indirekte Methode zur Erzielung farbiger Photographien wird dann an die additiven Methoden von Ives und Joly und an die subtraktiven Methoden, die auf dem Prinzip des Drei-Farben-Druckes beruhen, von Vogel, Selle, Lumière erinnert. In übersichtlicher Weise werden die charakteristischen Merkmale der einzelnen Verfahren und ganz kurz ihre Ausführung beschrieben.

Redner erzählt dann, dass die Bilder, die er hier vorlegen will, durchaus nicht etwa prinzipiell neu seien, sondern in unentwegtem Weiterstreben und zielbewusstem Arbeiten sei es nun gelungen, einen bisher nur mühsam gangbaren Weg brauchbar zu machen.

Die Herstellung farbiger Bilder nach dem neuen Prozess sei für alle Photographen ganz kinderleicht — kein einziger neuer Prozess, der in Fachkreisen nicht schon bekannt wäre, sei erforderlich.

Zur Erzielung befriedigender Resultate ist, so führt Redner aus, äusserste Sauberkeit und peinlich genaue Beachtung der Vorschriften erforderlich. Ein Abmessen und Dosieren nach „Gefühl", wie es leider in photographischen Kreisen so oft beliebt werde, führt hier nicht zum Ziel; gerade weil der einzuschlagende Weg so einfach ist, müssen die Vorschriften, die auf Grund langen Ausprobierens gegeben sind, genau befolgt werden.

Die Ausführung des Prozesses geschieht, indem man durch drei Filter das Objekt auf einer Platte nebeneinander dreimal aufnimmt. Dieses bedeutet gegenüber den früheren Verfahren eine grosse Bequemlichkeit. Das hinter dem Rotfilter aufgenommene Negativ muss dann blau kopiert werden, das hinter dem Grünfilter aufgenommene muss rot und das hinter dem

[1] Abteilung 2, 24. September 1901

Blaufilter aufgenommene muss gelb kopiert werden. Das Blaubild wird vorzugsweise auf eine Diapositivplatte kopiert, die man nach dem Entwickeln mit rotem Blutlaugensalz ausbleicht und alsdann mit einer abgestimmten Eisenlösung blau tont. Das Blaubild lässt sich auch auf Bromsilberpapier machen, wenn man schliesslich farbige Papierbilder zu erhalten wünscht. Das Rot- und das Gelbbild werden nun auf Celluloid kopiert, welche man vorher chromiert und nachher mit warmem Wasser entwickelt und schliesslich in besonderen Farblösungen tont.

Die Verwendung von Celluloid bietet gegenüber derjenigen von Kollodiumhäutchen (Selle) und Gelatinehäutchen (Lumière, Hoffmann) ganz ausserordentliche Vorzüge, da das Celluloid nicht Falten wirft und sich nicht dehnt, wenn es einigermassen sachgemäss behandelt wird!

Es versteht sich von selbst, dass Farbenfilter, Aufnahmeplatten und Farblösungen genau aufeinander abgestimmt sein müssen, denn anderenfalls giebt es zwar farbige, nicht aber naturwahre Bilder.

Das Aufeinanderlegen der drei Einzelbilder geschieht, wie Redner an einem Muster demonstriert, viel leichter als man glauben sollte.

Das Kriterium für die notwendige richtige Expositionszeit ist, dass ein neutrales Grau nach der Entwickelung auf allen drei Negativen durch einen Silberniederschlag gleicher Intensität wiedergegeben werde. Um einen Anhalt zu besitzen, braucht man jedesmal nur eine sogenannte Grauskala oder ein zusammengeballtes Stück Fliesspapier mit aufzunehmen, welch letzteres in den Falten und tiefliegenden Stellen das gewünschte Grau aufweist.

Der Anhalt für eine richtige Tonung der einzelnen Bilder wird dadurch gegeben, dass das Gesamtbild thatsächlich Schwarz und Grau wiedergiebt. Ist das nicht der Fall, so können die einzelnen Bilder auch dann, wenn sie fertig gestellt sind, durch Abschwächen in Wasser oder Verstärken in den Farblösungen bis zur gewünschten Genauigkeit verbessert werden. Redner betont, dass auch in dieser Möglichkeit der nachträglichen Verbesserung ein besonderer Vorteil des Verfahrens liegt, den bisher kein anderes Verfahren aufweist.

Durch Projektion und in stereoskopischen Apparaten wurden vorgeführt: hinter Rot-, Grün-, und Blaufilter aufgenommene Negativaufnahmen, einzelne blaue, rote und gelbe Teilbilder nach diesen Aufnahmen, kombinierte Bilder aus 2 und 3 der Teilbilder bestehend. Im besonderem: Bilder von Landschaften, Blumen, Stillleben, Tieren (tot), Mikrophotographien in polarisiertem Licht, einer Hittorfschen Röhre (im Dunkeln bei ihrem eigenen Lichte aufgenommen), Porträts (nach dem Leben), Ölbildern, Aquarellen und vielem anderen mehr.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

P. Bachmetjew (Sofia), Über die Überkaltung der Flüssigkeiten.[1])

In dieser Beziehung wurden Wasser, Benzol, *p*-Nitrotoluol und die Insektensäfte in lebenden Schmetterlings-Puppen und Imagines untersucht.

Sehr ausführlich wurde die Beziehung des Unterkaltungsgrades der Flüssigkeiten von der Abkühlungsgeschwindigkeit untersucht. Dabei stellte es sich heraus, dass bei einer mittleren Abkühlungsgeschwindigkeit der Unterkaltungsgrad entweder ein Minimum oder Maxium, je nach der Natur der Flüssigkeit, erreicht.

So z. B. ergaben die Säfte im lebenden Falter von Deilephila euphorbiae folgenden Unterkaltungsgrad (K_1-N) bei der Abkühlungsgeschwindigkeit $= V_{-4}$ [2]):

V_{-4}: 2,7; 2,0; 1,9; 1,6; 1,5; 1,5; 1,4; 1,0; 0,6.
K_1-N: 1,6; 2,2; 3,4; 6,0; 9,3; **9,8**; 7,8; 5,6; 4,0,

wobei bei jeder Grösse für V_{-4} ein anderes Exemplar untersucht wurde. (Im ganzen wurden über 300 Insekten-Exemplare untersucht.)

Ein Maximum des Unterkaltungsgrades bei einer mittleren Abkühlungsgeschwindigkeit ergaben: Wasser, *p*-Nitrotoluol, während das Minimum Benzol besass. Insektensäfte ergaben bald ein Maximum, bald ein Minimum je nach der Spezies und Entwickelungsstadium.

Genaueres Studium der erwähnten Abhängigkeit bei Insekten führte zum Resultate, dass dieselbe durch eine Art wellenförmige Linie sich ausdrücken lässt, welche wenigstens drei Extreme zeigt. Diese Versuche mit Insekten sind im Buche des Redners: „Experimentelle entomologische Studien vom physikalisch-chemischen Standpunkte aus. Mit einem Vorwort von Professor Dr. August Weismann in Freiburg i. Br. Leipzig 1901. X u. 160 S." ausführlich beschrieben.

Sehr interessante Resultate ergab *p*-Nitrotoluol, welche Substanz in Form kleiner Kügelchen untersucht wurde. Kügelchen gleicher Grösse schwammen in geschmolzenem Zustande im Inneren der $CaCl_2$-Lösung. Beim Abkühlen der Lösung erstarrten die genannten Kügelchen nicht auf einmal, sondern einige früher und die anderen später. So z. B. von 10 Kügelchen, je 0,0328 gr schwer, erstarrten sie bei folgenden Temperaturen:

1) Abteilung **2**, 25. September 1901.

2) V_{-4} bedeutet die Anzahl der Temperaturgrade, um welche die Flüssigkeit sich während einer Minute, angefangen von -4^0, abgekühlt hat. K_1 bedeutet die Temperatur, bis zu welcher die tiefste Unterkaltung stattfand und N den Erstarrungspunkt.

No.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t^0:	39,9	37,1	35,4	34,9	31,3,	30,7	30,6	30,1	27,0	24,8

Der normale Erstarrungspunkt dieser Substanz beträgt 54^0.

Der verschiedene Unterkaltungsgrad ($N-t$) konnte durch kleine Dimensionen-Differenzen, durch verschiedene im Inneren der Lösung herrschenden Temperaturen, durch Diffusionserscheinungen, durch die eventuelle Wechselwirkung zwischen Kügelchen und durch die Reihenfolge des Herstellens der Kügelchen nicht erklärt werden. Auch der Zusatz des Staubes zur Substanz hatte keinen grossen Einfluss auf diese „individuelle" Verschiedenheit der Kügelchen.

Es blieb nun übrig, diese Erscheinung durch den Polymorphismus im Sinne von G. Tammann zu erklären.

Interessant sind die Versuche über die Ausscheidung von Substanzen verschiedener Eigenschaften aus *p*-Nitrotoluol. Aus mehreren Versuchen wurden die zuerst (I) und dann zuletzt (X) erstarrten Kügelchen getrennt gesammelt. Die Kügelchen der Kategorie I wurden wieder zu einer Masse geschmolzen, aus welcher dann zehn Kügelchen der früheren Grösse hergestellt wurden. Sie zeigten dieselbe Unterkaltungserscheinung wie die ursprüngliche Substanz. Anders verhielten sich die Kügelchen, welche aus der Substanz der Kategorie X hergestellt wurden. Das erste Kügelchen erstarrte bei der Temperatur, bei welcher das zehnte Kügelchen in vorhergehenden Versuchen erstarrte und das zehnte erstarrte jetzt um 10—12^0 tiefer als das letzte im ersten Versuche. Diese Erscheinung ist der natürlichen „Auswahl" analog.

Andere Unterkaltungserscheinungen bei schwimmenden *p*-Nitrotoluolkügelchen sind ausführlich in der Abhandlung des Redners in Mémoires de l'Acad. des Sciences de St. Pétersbourg, VIII[e] sér. Vol. X, No. 7, 1900 (Leipzig, Voss' Sort. in Kommission) beschrieben worden.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 20. Oktober 1901.)

BESPRECHUNGEN.

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1901. Herausgegeben von J. M. Eder. 15. Jahrgang. 8°. X. u. 807 S. mit 350 Abbildungen im Texte und 36 Kunstbeilagen. Halle a. S., W. Knapp. 1901. 8 M.

Etwas später als sonst, in üblicher Ausstattung, aber noch etwas umfangreicher, liegt das Edersche Jahrbuch nunmehr vor. Gegenüber früheren Jahrgängen ist die Reproduktionstechnik mehr zurückgedrängt; bei der Aufnahme der Originalbeiträge scheint man erfreulicherweise etwas kritischer vorgegangen zu sein. Im Hauptteil finden sich auch ausgezeichnete Sammelreferate, während im eigentlichen Jahresbericht wieder so ziemlich alles wichtigere zusammengetragen ist. Man braucht dabei nicht mit allem einverstanden zu sein und kann dennoch den Fleiss der Arbeit anerkennen; wo Einwände zu machen sind, geschähe dies wohl am besten von den betreffenden Autoren im nächsten Jahrgang selbst. Immerhin haben wir hier wieder ein Sammelwerk vor uns, wie es keine andere Nation auf diesem Gebiete aufzuweisen hat. E. Englisch.

(Eingegangen 7. Oktober 1901.)

Chemische Zeitschrift, Centralblatt für die Fortschritte der gesamten Chemie, herausgegeben von Professor Dr. Felix Ahrens in Breslau. 1. Jahrgang 1901/1902 in halbmonatlich erscheinenden Heften zu je 2--3 Bogen. Leipzig, S. Hirzel. Jährlicher Bezugspreis 20 M.

Unter dem Titel „Chemische Zeitschrift" erscheint seit dem 1. Oktober eine neue Zeitschrift, welche in einer fortlaufenden Reihe von kritisch gesichteten Artikeln die Fortschritte auf allen Gebieten der reinen und angewandten Chemie in kurzen Zeitabschnitten darzustellen beabsichtigt. Ferner will sie ihre Leser fortlaufend über die sie interessierenden wirtschaftlich-gewerblichen Verhältnisse, über die Thätigkeit des Patentamts, über aktuelle Entdeckungen und Erfindungen, über Hochschul- und Personalnachrichten, über Neuerscheinungen der Fachlitteratur und dergl. mehr unterrichten. Das Ziel, welches die „Chemische Zeitschrift" sich gesteckt hat, entspricht also ungefähr dem der „Physikalischen Zeitschrift", nur wird weit mehr Rücksicht auf die Technik genommen.

Da die neue Zeitschrift also den technischen Chemiker über die neusten Errungenschaften der Wissenschaft, andererseits aber auch den Gelehrten eine Übersicht über die Anwendungen der neusten Forschungen in der Praxis geben will, so entspricht sie einem wirklichen Bedürfnis und wird sich daher sicherlich bald Bahn brechen, umsomehr als der Herausgeber sich als Redakteur schon einen Namen gemacht und der rührige Verlag sich in allen Kreisen einen guten Klang erworben hat.

Die erste Nummer beginnt mit einer Artikelserie, in welcher in kurzen Umrissen ein

Bild von dem Stande jeder chemischen Disziplin am Beginne des zwanzigsten Jahrhunderts gegeben wird — als Einleitung zu den künftigen Fortschrittsberichten. Hierhin gehören die Artikel: Die theoretischen Bestrebungen auf organischem Gebiete von A. Werner, die physikalische Chemie von G. Bodländer, die Thermochemie von E. Cohen, die chemische und chemisch-technische Analyse von Th. Pfeiffer, die chemische Grossindustrie und anorganische Präparate von G. Rauter.

Was den Inhalt dieser Artikel anbetrifft, so wird sie wohl jeder Chemiker mit Genuss lesen; sie stehen alle auf der Höhe, geben eine gute Übersicht über den augenblicklichen Stand der einzelnen chemischen Disziplinen und sind im allgemeinen recht verständlich geschrieben, so dass selbst der Leser, welcher nicht die Originalabhandlungen verfolgt hat, sie ohne Schwierigkeiten verstehen wird. Der Aufsatz von A. Werner hätte wohl etwas ausführlicher gehalten werden müssen; denn es wird in demselben mit einer Anzahl von neuen Begriffen operiert, ohne dass dieselben definiert werden. Der Verf. würde sicherlich allen, namentlich den auf abseits liegenden Gebieten arbeitenden Chemikern und den Physikern einen grossen Gefallen thun, wenn er in einer Serie von Artikeln die neueren Theorien der organischen Chemie behandelte, z. B. die Thielesche Theorie der Partialvalenzen, die Knorrschen Anschauungen u. s. w. Doch sind dies, neben dem vielen Guten, welches die neue Zeitschrift bringt, nur Kleinigkeiten, welche nicht schwer in die Wagschale fallen.

Wenn die neue Zeitschrift sich auf derselben Höhe hält, wie sie begonnen, so wird sie sicherlich Erfolg haben. Es wäre dies schon aus dem Grunde mit Freuden zu begrüssen, weil sie dazu beitragen wird, dass die Einseitigkeit in den Anschauungen der Chemiker etwas beseitigt werde. G. C. Schmidt.

J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie. gr. 8⁰. XIV und 805 Seiten mit 11 Abbildungen im Text, 8 Tafeln in Lichtdruck und Autotypie sowie 15 Karten. Leipzig, Chr. H. Tauchnitz. 1901. 30 M.

Vor wenigen Wochen ist durch Ausgabe der X. Lieferung das Lehrbuch der Meteorologie von Dr. J. Hann, Professor an der Universität zu Wien, vollständig erschienen. Es ist damit ein Werk abgeschlossen, welches bei dem heutigen Stande der Meteorologie als vollberechtigte Wissenschaft thatsächlich ein allseitig empfundenes Bedürfnis war. Freilich besitzen wir schon solche Lehrbücher, aber keines wird allen Gebieten der Meteorologie, wenn man von dem Spezialgebiet der Wetterprognose absieht, in gleicher Weise gerecht. Das Lehrbuch von E. E. Schmid ist längst veraltet und trotzdem musste es noch in vielen Fällen als Kompendium citiert werden. Das Lehrbuch von Sprung behandelt fast ausschliesslich die theoretischen Grundlagen ohne weiter auf das Gebiet der Beobachtungsergebnisse oder auf klimatische Fragen einzugehen, und andererseits sind die zum Teil umfangreichen Werke von v. Bebber, Börnstein u. a. wieder mit Beiseitelassung der mathematischen und physikalischen Begründungen abgefasst. Selbst nicht einmal in fremder Sprache existiert ein dem vorliegenden Werke ähnliches Lehrbuch. Unter solchen Umständen muss es wirklich als ein Verdienst angesehen werden, dass sich der auf diesem Gebiete autoritative Verfasser dazu verstanden hat, seine langjährigen Studien und umfangreichen Erfahrungen, die er namentlich als Direktor der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus zu Wien zu sammeln Gelegenheit hatte, in dem uns vorliegenden Lehrbuche niederzulegen. Prof. Hann war dazu berufen wie kein anderer Meteorologie. Dieser Thatsache entspricht nun auch der Inhalt des Werkes.

Hanns Lehrbuch ist ausser der Einleitung in fünf Hauptabschnitte eingeteilt, wozu noch ein Anhang kommt, welcher die mathematische Formulierung mehrerer meteorologischer Probleme und deren Diskussion vom mathematisch-physikalischen Standpunkt aus umfasst.

Die Einleitung beschäftigt sich mit den grundlegenden Fragen, sowie mit der Definition dessen, was man unter „Meteorologie" versteht, unter welchem Namen Hann alle Vorgänge zusammenfassen will, welche sich in der Lufthülle, der Atmosphäre der Erde abspielen. Von der Behandlung in dem vorliegenden Lehrbuche schliesst er aber im allgemeinen die Fragen der reinen Klimatologie, sowie die der speziellen Wetterprognose aus. Demgemäss werden zunächst die Höhe der Atmosphäre, sodann die Dichte und weiterhin ihre Bestandteile, sowie ihre physikalischen Eigenschaften kurz behandelt, um so die Grundlage für die spätere Betrachtung der Vorgänge in der Atmosphäre zu gewinnen. Von Interesse dürfte besonders sein, was Hann über die Höhe der Atmosphäre sagt. Er kommt zu dem Schlusse, dass dieselbe auf alle Fälle in 200—300 km Höhe noch dicht genug ist, um die sie durchschneidenden Meteore zum Glühen zu bringen, um das Sonnenlicht in merkbarer Weise zu absorbieren und elektrische Erscheinungen zu ermöglichen, während für klimatische und rein meteorologische Erscheinungen so grosse Höhen

nicht mehr in Betracht kommen dürften, d. h. dass dahin gehörige Vorgänge, Wolkenbildungen, bemerkbare auf- und absteigende Luftströme u. s. w. sich in wesentlich geringeren Höhen abspielen. In der Höhe von 100 km würde der Luftdruck nur mehr 0,0012 mm betragen. Die physikalischen Eigenschaften der Atmosphäre werden eingehender besprochen, namentlich das Lichtreflexionsvermögen, die Wärmeabsorption und die selektive Absorption des Lichtes, welche sich wieder nach dem verschiedenen Gehalt an accessorischen Bestandteilen richtet. Der mechanischen Beimengungen, namentlich des Staubes, thut Hann besonderer Erwähnung, weil durch denselben die Kondensationsvorgänge des Wasserdampfes nach einigen Meteorologen bedingt sein sollen. Die Untersuchungen Aitkens haben gezeigt, dass in einem Kubikcentimeter Luft selbst nach einem Regen noch 32000 Staubpartikelchen enthalten sein können, während in demselben Volumen in einem Zimmer, in dem zwei Gasflammen brannten, zwischen 2 und 5 Millionen nachgewiesen werden konnten, je nachdem die Probe in Tischhöhe oder an der Decke genommen wurde. Auf hohen Bergen und über dem Meere ist natürlich die Luft viel reiner (à Kubikcentimeter ca. zwischen 100—1000 Staubpartikelchen). Ein drittes Kapitel der Einleitung befasst sich mit den Wärmequellen für die Erdatmosphäre. Als ohne irgend wahrnehmbare meteorologische Wirkung wird die Sternstrahlung und die Strahlung des Mondes kurz besprochen, sodann diejenige, welche das Erdinnere liefern kann und schliesslich als weitaus alle anderen überwiegend die Sonnenstrahlung in ihrer quantitativen Wirkung eingehend behandelt. Die besten Bestimmungen der sogenannten Solarkonstante lieferten die Werte Forbes: 2.82, Hagen: 1.90, Violle: 2.54, Langlay: 3.07, Savelief: 3.47 und Angström: 4.00. Der Verfasser glaubt, dass diese Konstante etwa zu 3.00 anzunehmen sei, welchen Wert er auch späteren Betrachtungen meist zu Grunde legt.

Buch I ist den „Temperaturverhältnissen der festen und flüssigen Erdoberfläche und der Atmosphäre" gewidmet. Im ersten Kapitel wird der tägliche und jährliche Gang der Sonnenstrahlung untersucht, im zweiten deren Wirkung auf die Wärmeverhältnisse der Erdoberfläche und zwar zunächst die tägliche Variation derselben, während ein 3. Kapitel den jährlichen Gang der Temperatur behandelt. Es mag hier bemerkt werden, dass die tägliche Temperaturvariation schon in 1 m Tiefe unter dem Erdboden unmerklich wird, während die jährliche bis etwa 20—25 m wahrnehmbar bleibt, schwankend je nach der Art des Bodens, der Temperaturamplitude an der Oberfläche und ihrer Bedeckung durch Wald u. s. w. Ebenso ist natürlich der Fortpflanzungskoeffizient für die Wärme im Boden von solchem Unterschiede abhängig; in runder Zahl giebt Hann dafür 0.22. Die Tiefen, bis zu welchen sich die Wärmeänderungen an der Oberfläche mit einer bestimmten Amplitude fortpflanzen, sind proportional den Quadratwurzeln aus den Produkten der Wärmeleitungsfähigkeit in die Dauer der Temperaturperiode. Als Temperaturextreme auf der Erde überhaupt dürften anzunehmen sein $+ 50^0$ (Arabien, Sahara, Inner-Kalifornien, Inneres von Australien) und $- 70^0$ (die Gegend von Werchojansk-N.E-Asien).

Die Verteilung der Temperatur nach Tages- und Jahreszeiten wird durch zahlreiche Kurven und andere graphische Darstellungen (Isopleten) vorzüglich zur Anschauung gebracht; überhaupt möchte Ref. gleich hier bemerken, dass auch in den anderen Teilen des Buches den graphischen Methoden der Darstellung sowohl durch eigene Benutzung, als auch durch stete Erwähnung derselben das Wort geredet wird. Ein Vorgehen, welches gerade bei der Bearbeitung meteorologischer Daten noch lange nicht allgemein genug gewürdigt wird.

Die Frage der Veränderlichkeit der Temperatur (und damit des Klimas) in längeren Perioden wird hier schon berührt und besonders der jährliche Verlauf der Temperatur, wie er sich in den Mitteln aus 100 und mehrjährigen Perioden kundgiebt. Interessant ist dabei, dass die Kälterückfälle im Mai, die sogenannten „Eismänner" weder in Paris, noch in Wien und Breslau zur Evidenz kommen, vielmehr um die Mitte des Juni ein viel allgemeinerer Rückschlag der Temperatur stattzufinden scheint.

Das nächste Kapitel behandelt die unperiodischen Temperaturänderungen, und das 5. Kapitel die Temperaturverteilung in der Atmosphäre in vertikaler Richtung. Dieses interessante Thema ist sehr eingehend behandelt. Es ist aber im Rahmen dieser Besprechung nicht möglich, auf Einzelheiten einzugehen, erwähnt mag hier nur werden, dass die Abnahme der Temperatur mit der Höhe sich in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre zu 0.4^0 pro 100 m für Gebiete mit langsamer Zunahme der Landerhebung, 0.5^0 für gebirgige Gegenden und 0.7^0 für die freie Atmosphäre bis zu den Höhen von 8—9000 m angenommen werden kann; in grösseren Höhen nähert sich diese Zahl aber immer mehr der für die adiabatische Wärmezunahme gültigen von 1^0 pro 100 m.

Auch der anormalen Wärmeverhältnisse der Atmosphäre ist natürlich nach lokaler und klimatologischer Ursache Erwähnung gethan. Die Beobachtungen auf den erst kurze Zeit bestehenden Höhenstationen sowohl wie namentlich die systematischen Ballonfahrten haben in

diesen Richtungen reiches und zuverlässiges Material geliefert. Der Besprechung der der Erde in den verschiedenen geographischen Breiten theoretisch und thatsächlich zukommenden Wärmemenge schliessen sich einige Erörterungen über die Temperaturverhältnisse der hohen Luftschichten an, die sich besonders mit den in der Cirrusregion herrschenden Strömungen und periodischen Veränderungen beschäftigen.

Das II. Buch ist dem Luftdruck gewidmet und behandelt in vier einzelnen Kapiteln das, was man unter Luftdruck überhaupt versteht, sowie die Instrumente zu seiner Messung. Die verschiedenen Barometerkonstruktionen werden beschrieben und in ihrem Gebrauch erläutert.[1]) Weiterhin wird die Verteilung des Luftdruckes in vertikaler und horizontaler Richtung untersucht. Die Abnahme desselben mit der Höhe, die darauf gegründeten Höhenmessungen u. s. w. werden hier namentlich in ihrem Zusammenhang mit der Oberflächenkonfiguration und den Temperaturverhältnissen besprochen, und sodann wird die Verteilung im horizontalen Sinne, die Isobaren und die Abhängigkeit von der geographischen Breite erläutert. Auch hier unterstützen zahlreiche graphische und tabellarische Darstellungen das Verständnis des beigebrachten Materials. Das 3. Kapitel ist den jährlichen und täglichen Schwankungen und Perioden des Luftdrucks gewidmet. Von näheren Details des reichen Inhalts muss auch hier abgesehen werden, nur die Extreme der beobachteten Barometerstände (im Meeresniveau) mögen noch angeführt werden; sie sind 689 mm und 809 mm. Ersterer wurde bei Gelegenheit eines Cyklons beobachtet, welcher über „False Point" 1885 am 22. September hinwegging, letzterer zu „Bernaul" am 23. Januar 1900. (Direkt 789.2 in 70 m Seehöhe; Meereshorizont 808.7 mm.)

Die absolute Schwankung kann danach etwa zu 120 mm angenommen werden. Diese letzeren den zufälligen und unperiodischen Luftdruckveränderungen angehörigen Daten sind dem 4. Kapitel entnommen, welches diesen Untersuchungen gewidmet ist.

Besonders umfangreich ist das III. Buch, welches den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre und die Kondensationsprodukte bespricht. In ebenfalls vier Kapiteln werden der Reihe nach der „atmosphärische Wasserdampf in Gasform", „die Erscheinungsformen des kondensierten Wasserdampfes" (die Ursachen der Kondensation und die verschiedenen Niederschlagsformen), „die Wolken nach Form und Häufigkeit" und schliesslich nochmals in einem besonderen Kapitel „Regen, Schnee, Graupeln und Hagel" nach Menge, täglichen und jährlichen Perioden u. s. w. behandelt. Als besonders bemerkenswert dürfte daraus zu entnehmen sein, dass die Regentropfen jetzt thatsächlich allgemein als „Tropfen" erkannt sind, gegenüber der früheren Annahme, dass es „Bläschen" seien. Über die Bestimmungen der Höhe der Wolken im allgemeinen als auch derjenigen der einzelnen Formen ist ein umfangreiches Material beigebracht, aus dem hervorgeht, dass eine untere Grenze dafür wohl nicht existiert, dass aber Höhen über 15 km sehr selten sein dürften. Der Verfasser bringt ausgedehnte Tabellen für die gesamte räumliche Verteilung der Wolken nach Orten, Höhen und Formen geordnet, bei. Ein klimatologisch wichtiges Element ist die mittlere Dauer des Sonnenscheins für einen Erdort; auch darüber giebt eine Tabelle eingehend Auskunft (S. 294). Die verschiedenen Formen des Niederschlags, über deren Benennung noch mannigfache Unsicherheit besteht, werden genau identifiziert und ihre Entstehung erklärt, ebenso der Zusammenhang derselben mit den Temperaturverhältnissen der Luft und der Erdoberfläche. Besonders mag hier auf die beiden Lichtdrucktafeln, welche charakteristische Hagelkörner darstellen, sowie auf die wunderschönen Darstellungen einer Nebeldecke, gesehen von Mt. Tamalpais bei St. Francisco, aufmerksam gemacht werden. Interessante Daten bringt Verfasser über die Verteilung der Regenmengen bei, die durch die Beigabe der Supanschen Regenkarte der Erde wesentlich übersichtlicher gestaltet werden. Die grösste beobachtete Regenmenge innerhalb eines Jahres scheint an den Westhängen des Himalaya-Gebirges zu fallen (Cherapunji, Assam: 1179 cm als Mittel aus etwa 40 Jahren). Die Erscheinungen der Luftbewegung sind im IV. Buche behandelt; sie beziehen sich auf die Entstehung, die Stärke und Geschwindigkeit sowie Verschiedenheit der Windphänomene mit der Höhe und mit der lokalen Konfiguration der Erdoberfläche. Ein zweites Kapitel behandelt die tägliche und jährliche Periode der Winde für einen Erdort, ein drittes die wichtigen dynamischen Bedingungen für die Luftströmungen im allgemeinen, während in einem 4., 5. und 6. Kapitel die gewonnenen Sätze auf die Erklärung der verschiedenen Strömungen (Land- und Seewinde, Monsumwinde) sowie auf den grossen allgemeinen Austausch der Luftmassen zwischen Äquator und Polargegenden angewandt werden.

Die Ableitung der barischen Windgesetze, ihre Verwertung für die Wettervorhersage u. s. w. finden hier ihren Platz. Besonderes Interesse dürften hier ausser den beigebrachten physikalischen Daten, welche eine grosse Anzahl verschiedener Luftströmungen bedingen, die Bearbeitungsmethoden für die Windverhältnisse

1) Der Ausdruck „luftverdünnte Metalldose" dürfte nicht sehr passend gewählt sein.

an einem Orte beanspruchen. Die grössten Windgeschwindigkeiten werden in den tropischen Wirbelstürmen beobachtet, wobei bis über 50 m pro Sekunde sogar als Mittel für die Dauer von 10—20 Minuten gemessen worden sind, was einem Drucke von über 300 km pro Quadratmeter entspricht.

Das bei weitem umfangreichste Buch V ist den atmosphärischen Störungen gewidmet. Es zerfällt in 6 Kapitel, von denen die zwei ersten den allgemeinen Witterungserscheinungen, ihren Ursachen und ganz besonders ihrem Zusammenhang mit den Luftbewegungen und dem Verlauf der barometrischen Maxima und Minima gewidmet sind. Auf dieses umfangreiche Gebiet hier näher einzugehen, ist nicht möglich, es mag nur bemerkt werden, dass der Verfasser besonders die klimatologischen Folgen der Bewegungen der grossen Depressions- und Hochdruckcentren hervorhebt. Eine grössere Anzahl typischer Wetterkarten erläutert die im Text beigebrachten Daten. Besonders erwähnt werden die Karten der Deutschen Seewarte, die Hoffmaierschen synoptischen Karten und des Signal office in Washington. Das 3. Kapitel behandelt die Wirbelstürme und Tornados spezieller als das früher geschehen ist und besonders deren Zugstrassen. Eine sehr hübsche Abbildung einer Wasserhose an der nordamerikanischen Küste giebt auch von dieser auffallenden Erscheinung eine vorzügliche typische Vorstellung. Im 5. Kapitel werden die höchst interessanten Erscheinungen des „Föhns", der „Bora" und des „Mistral" besprochen. Es ist dieses gerade ein Gebiet, auf welchem der Verfasser als besondere Autorität gilt, dementsprechend ist natürlich auch der Inhalt dieses Kapitels beschaffen. Namentlich der Föhn ist keineswegs an bestimmte Gegenden der Erde gebunden, sondern nur die Gebirgsformation scheint dabei massgebend zu sein. Auch die Polarregionen besitzen ihre Föhnwinde, welche dort natürlich unter modifizierten äusseren Formen, aber dem Wesen nach in ganz gleicher Weise auftreten, wie Ref. aus eigener Erfahrung in mehreren Fällen bestätigen kann. Das 6. Kapitel endlich ist den vielfachen atmosphärischen Erscheinungen gewidmet, bei denen die Elektrizität eine Rolle spielt, also den Gewittern, dem stets vorhandenen elektrischen Zustand der Atmosphäre und den Verschiedenheiten der elektrischen Ladung der Luft, je nach der Höhe derselben und dem Einfluss der Induktion von Wolken und Erdoberfläche. Das Wesen des Blitzes, die verschiedenen Formen desselben (sehr hübsche Blitzphotographien), das Zustandekommen des Donners, der St. Elmsfeuer, sowie das Verhalten der übrigen meteorologischen Elemente bei einem Gewitter werden in einem Abschnitte besprochen. Weiterhin kommen die Häufigkeit, die periodischen Erscheinungen der Gewitter und sodann die Begleiterscheinungen bei einem Gewitter zur Sprache (Gewitterböen, Hagel u. s. w.).

Den Schluss des, wie man sieht, höchst umfangreichen Werkes bildet ein Anhang, welcher wie oben schon bemerkt, die wesentlichen mathematischen und physikalischen Theorien der Meteorologie enthält und die rechnerischen Grundlagen für den mathematischen Ausdruck derselben beibringt. Es mag hier nur kurz noch erwähnt werden, dass in diesem Anhang die Bearbeitung meteorologischer Beobachtungen auf Grund von Reihenentwicklungen, die Theorien der Wärmeverteilung im Erdboden sowohl, als in der Atmosphäre gelehrt wird. Die barometrische Höhenmessung ist ausführlich besprochen mit Rücksicht auf die theoretische und thatsächliche Verteilung der Temperatur mit der Höhe. (Diskussion der auf verschiedenen Wegen erhaltenen Ballonhöhen.)

Die Darstellung des Gebotenen ist durchwegs eine vorzügliche, nur wäre vielleicht bei einer wiederholten Drucklegung auf die Vermeidung einiger unangenehmer Druckfehler besondere Aufmerksamkeit zu richten. Z. B. befindet sich gleich auf der Seite mit der Widmung die Jahreszahl für die Dauer des Direktorates des Verfassers an der k. k. Centralanstalt falsch angegeben. L. Ambronn.

(Eingegangen 27. November 1901.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Professor Karl Heun-Berlin wurde zum ordentlichen Professor der theoretischen Mechanik an der Hochschule zu Karlsruhe, der Professor an der Technischen Hochschule Geh. Regierungsrat Dr. Adolf Slaby zum ordentlichen Honorarprofessor in der philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität, Professor E. Meyer von der Technischen Hochschule zu Berlin im Nebenamt zum ausserordentlichen Professor für technische Physik an der Universität Berlin ernannt.

In Halle a/S. habilitierte sich Dr. P. Köthner für Chemie.

Professor Dr. O. Knoblauch von der Universität Leipzig erhielt einen Ruf als ausserordentlicher Professor für technische Physik an die Technische Hochschule München.

Professor Hittorf wurde zum Ehren-Dr. Ing. der Technischen Hochschulen zu Berlin und zu Hannover ernannt.

Geh. Regierungsrat Professor Dr. Weeren von der Technischen Hochschule zu Berlin feierte seinen 70. Geburtstag.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 10. | 15. Februar 1902. Redaktionsschluss für No. 11 am 19. Februar 1902. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zu meiner Notiz „Schwebungen bei erzwungener Schwingung"[1])

Von Eduard Riecke.

Eine Mitteilung, die Herr Max Wien so freundlich war, mir brieflich zu machen, veranlasst mich, auf die angeführte Notiz zurückzukommen. Es lag mir daran, durch einen möglichst einfachen Versuch zu zeigen, dass die erzwungene Schwingung eines Körpers im allgemeinen verbunden ist mit der freien. Wenn ein Wellenzug auf ein schwingungsfähiges Teilchen trifft, so schwingt dieses im allgemeinen nicht bloss mit der Periode der Wellen, sondern auch mit der ihm eigentümlichen Periode seiner freien Schwingung. Das von mir benutzte Doppelpendel kann zur Erläuterung dieses Satzes natürlich nur dienen, wenn die Masse des unteren Pendels verschwindend klein ist gegenüber der Masse des oberen, ein Verhältnis, dem ich mich bei der Ausführung des Versuches einigermassen zu nähern suchte. Im allgemeinen fällt die Schwingung eines Doppelpendels unter die Theorie, welche Herr Max Wien in seiner Abhandlung „Über die Rückwirkung eines resonierenden Systems"[2]) entwickelt hat. Ich wurde von anderen Überlegungen aus zu der Ausführung des Versuches veranlasst, und daher kommt es, dass ich den Zusammenhang meines Versuches mit der allgemeinen Theorie von Wien nicht berücksichtigt habe. Es ist aber vielleicht nicht ohne Interesse, zu zeigen, dass die von mir gegebenen Formeln in der That als ein Grenzfall in jener Theorie enthalten sind.

1) Diese Zeitschr. 3, 130, 1902.
2) Wied. Ann. 61, 151, 1897.

Die Massen der beiden Pendel seien in den Endpunkten der Pendelfäden konzentriert, der untere Pendelfaden sei an das untere Ende des oberen angeknüpft. Den Befestigungspunkt des oberen Pendels machen wir zum Anfangspunkt eines rechtwinkligen Koordinatensystems, dessen z-Achse vertikal nach unten gehe, dessen x-Achse horizontal liegen möge. Wir führen dann die folgenden Bezeichnungen ein:

	Oberes Pendel	Unteres Pendel
Masse des Pendels . . .	m_1	m_2
Koordinaten der Pendelmasse	x_1, z_1	$x_2\ z_2$
Länge des Pendelfadens . .	l_1	l_2
Spannung des Pendelfadens .	t_1	t_2 .

Die Bewegungsgleichungen sind:

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} = -\frac{t_1}{l_1} x_1 + \frac{t_2}{l_2}(x_2 - x_1),$$

$$m_1 \frac{d^2 z_1}{dt^2} = m_1 g - \frac{t_1}{l_1} \cdot z_1 + \frac{t_2}{l_2}(z_2 - z_1).$$

$$m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} = -\frac{t_2}{l_2}(x_2 - x_1),$$

$$m_2 \frac{d^2 z_2}{dt^2} = m_2 g - \frac{t_2}{l_2} \cdot (z_2 - z_1).$$

Dazu kommen die Bedingungen:

$$x_1^2 + z_1^2 = l_1^2; \quad (x_2 - x_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 = l_2^2.$$

Für den Fall unendlich kleiner Schwingungen ergiebt sich:

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = -g\left\{\frac{1}{l_1} + \frac{m_2}{m_1}\left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right)\right\} x_1 + g\frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{1}{l_2} x_2,$$

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} = \frac{g}{l_2}(x_1 - x_2).$$

Damit sind die Gleichungen auf den Typus derjenigen reduziert, welche Herr Wien l. c. S. 155 aufgestellt und im folgenden ausführlich untersucht hat. Wir setzen zur Abkürzung:

$$g\left\{\frac{1}{l_1}+\frac{m_2}{m_1}\left(\frac{1}{l_1}+\frac{1}{l_2}\right)\right\}=a, \quad g\,\frac{m_2}{m_1}\cdot\frac{1}{l_2}=b,$$

$$\frac{g}{l_2}=c.$$

Dann ergiebt sich für x_1 wie für x_2 die Gleichung vierter Ordnung:

$$\frac{d^4 x}{dt^4}+(a+c)\frac{d^2 x}{dt^2}+c(a-b)\,x=0.$$

Wir machen für x den Ansatz:

$$x=A\sin(nt+\alpha),$$

und erhalten zur Bestimmung von k die Gleichung:

$$n^4-(a+c)\,n^2+c(a-b)=0.$$

Daraus folgt:

$$n_1^2=\frac{g}{2}\left(1+\frac{m_2}{m_1}\right)\left(\frac{1}{l_1}+\frac{1}{l_2}\right)+\frac{g}{2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{1}{l_1}-\frac{1}{l_2}\right)^2+\frac{m_2}{m_1}\left(\frac{1}{l_1}+\frac{1}{l_2}\right)^2}\;\sqrt{1+\frac{m_2}{m_1}}$$

$$n_2^2=\frac{g}{2}\left(1+\frac{m_2}{m_1}\right)\left(\frac{1}{l_1}+\frac{1}{l_2}\right)-\frac{g}{2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{1}{l_1}-\frac{1}{l_2}\right)^2+\frac{m_2}{m_1}\left(\frac{1}{l_1}+\frac{1}{l_2}\right)^2}\;\sqrt{1+\frac{m_2}{m_1}}.$$

Setzt man nun:

$$x_1=A_1\sin(n_1 t+\alpha_1)+B_1\sin(n_2 t+\beta_1),$$
$$x_2=A_2\sin(n_1 t+\alpha_2)+B_2\sin(n_2 t+\beta_2).$$

so ergeben sich zunächst die Beziehungen:

$$\alpha_1=\alpha_2=\alpha, \quad \beta_1=\beta_2=\beta.$$

$$A_1=\frac{l_2}{g}\left(\frac{g}{l_2}-n_1^2\right)A_2, \quad B_1=\frac{l_2}{g}\left(\frac{g}{l_2}-n_2^2\right)B_2.$$

Den Anfangspunkt der Zeitmessung kann man so wählen, dass $\alpha=0$ wird; soll für die Zeit Null x_2 gleich Null sein, so muss auch $\beta=0$ gesetzt werden; damit wird dann für $t=0$ auch $x_1=0$. Wir nehmen ferner an, dass das Pendel m_2 zu Anfang in Ruhe sei, dann folgt aus

$$\frac{dx_2}{dt}=0 \quad \text{für} \quad t=0:$$

$$n_2 B_2=-n_1 A_2 \qquad \frac{A_2}{B_2}=-\frac{n_2}{n_1}.$$

Endlich sei die Anfangsgeschwindigkeit des Pendels m_1 gleich c_1, dann ist:

$$c_1=n_1 A_1+n_2 B_1.$$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich die folgenden Werte für die Amplituden:

$$A_2=\frac{g}{l_2}\,\frac{c_1}{n_1(n_2^2-n_1^2)}, \quad B_2=-\frac{g}{l_2}\cdot\frac{c_1}{n_2(n_2^2-n_1^2)}$$

$$A_1=\frac{\left(\frac{g}{l_2}-n_1^2\right)c_1}{n_1(n_2^2-n_1^2)}, \quad B_1=-\frac{\left(\frac{g}{l_2}-n_2^2\right)c_1}{n_2(n_2^2-n_1^2)}.$$

Wir gehen nun über zu dem Grenzfall, zu dessen Erläuterung das in meiner früheren Notiz erwähnte Experiment dienen sollte; in diesem ist $\frac{m_2}{m_1}=0$ zu setzen, und damit wird:

$$n_1^2=\frac{g}{l_1}, \quad n_2^2=\frac{g}{l_2}.$$

Somit:

$$A_2=c_1\sqrt{\frac{l_1}{g}}\cdot\frac{l_1}{l_1-l_2},$$

$$B_2=-c_1\sqrt{\frac{l_2}{g}}\,\frac{l_1}{l_1-l_2};$$

$$A_1=c_1\sqrt{\frac{l_1}{g}}, \quad B_1=0.$$

Das Pendel m_1 führt eine einfache Pendelschwingung aus mit der ihm eigentümlichen Schwingungszahl $\frac{n_1}{2\pi}$, das Pendel m_2 führt eine kombinierte Schwingung aus, eine mit der Schwingungszahl von m_1, die andere mit seiner eigenen Schwingungszahl $\frac{n_2}{2\pi}$. Den Fall, dass die Längen l_1 und l_2 einander genau gleich sind, schliessen wir aus, er würde eine besondere Untersuchung erfordern. Sind die Pendellängen l_1 und l_2 einander nur nahe gleich, so sind kleine Amplituden des Pendels m_1 mit sehr grossen von m_2 verbunden; überdies sind nun auch die Amplituden der beiden Komponenten von x_2 einander nahezu gleich, d. h. es treten ausgeprägte Schwebungen auf. Das sind dieselben Sätze, die ich früher aus der Theorie der erzwungenen Schwingung abgeleitet hatte. Auch der Wert für das Amplitudenverhältnis

$$\frac{B_2}{A_2}=-\frac{n_1}{n_2}$$

entspricht dem früher für den Fall verschwindender Dämpfung gefundenen

$$\frac{A}{f}=\frac{B_2}{A_2}=\frac{T}{V},$$

$$\text{da} \quad T=\frac{\pi}{n_2} \quad \text{und} \quad V=\frac{\pi}{n_1}.$$

Die allgemeine Diskussion der gefundenen Gleichungen findet sich in der angeführten Arbeit von Herrn Max Wien; für den mit dem Vorstehenden verfolgten Zweck ist sie entbehrlich.

(Eingegangen 22. Januar 1902.)

Ergebnisse 10 jähriger magnetischer Beobachtungen in Potsdam.[1]

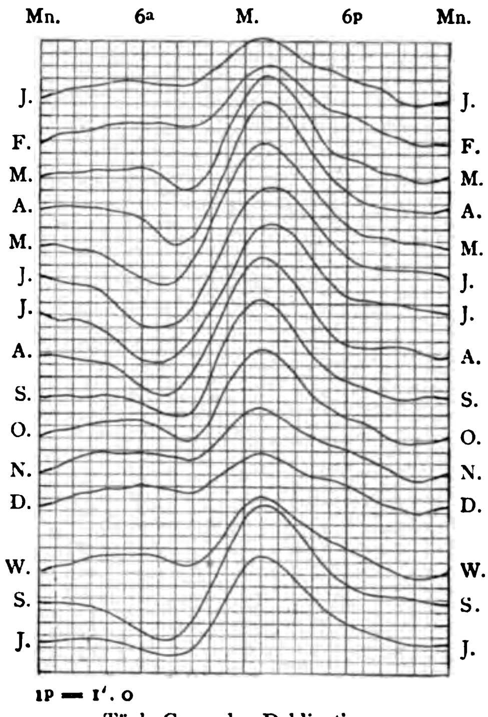
Von G. Lüdeling.

Die Ergebnisse beziehen sich auf die 10 jährige Reihe von 1890—99, also auf eine fast vollständige Sonnenfleckenperiode. Die Werte dürften daher schon als ziemlich normale anzusehen sein, besonders da das zu Grunde liegende Material im allgemeinen ein recht zuverlässiges ist. Nur hinsichtlich der Inklination, und damit natürlich auch hinsichtlich der Vertikal- und Totalintensität bestehen noch allerlei Unsicherheiten, die in erster Linie darauf zurückzuführen sind, dass die Messungen der Inklination sowie die Registrierungen der Lloydschen Wage an Genauigkeit noch zu wünschen übrig liessen.

Im nachfolgenden soll nun eine kurze Zusammenfassung der wesentlichsten Resultate gegeben werden, und zwar vor allem derjenigen, die auch für den Physiker von Interesse sind und vielleicht hier und da benutzt werden können. Dabei ist vorweg zu bemerken, dass das magnetische Observatorium in Potsdam, auf das sich die Ergebnisse beziehen, die geographischen Koordinaten $\lambda = 0^h 52^m\ 15^s.4$ *E. v. G.*, $\varphi = 52^0 22' 56.4''$ N. hat. Die Werte für Deklination (D) und Inklination ($\mathfrak{J}$) sind überall in Bogenminuten gegeben, diejenigen für Horizontalintensität (H), Vertikalintensität (Z), Totalintensität (T) sowie die beiden rechtwinkligen Komponenten in der horizontalen Ebene (Nordkomponente X und Westkomponente — Y) in γ, d. h. Einheiten der fünften Dezimale C. G. S.

1. Täglicher Gang. Der tägliche Gang der magnetischen Elemente ist aus den beigegebenen Figuren 1—5 zu ersehen, und zwar für die 12 einzelnen Monate, für das Winterhalbjahr (Oktober—März), das Sommerhalbjahr (April—September) und das ganze Jahr. Da der tägliche Gang der West- und Nordkomponente fast vollständig mit demjenigen der Deklination und der Horizontalintensität übereinstimmt, so genüge hierfür der Hinweis auf Fig. 1 und 2. Alles Nähere bezüglich der Extreme, der Verschiebung der Eintrittszeit derselben, des Durchganges durch die Mittellage u. s. w. kann mit Leichtigkeit aus den in Fig. 1—5 gegebenen Kurven entnommen werden. Hier möge nur der jährliche Gang der Tagesamplitude der Elemente in Zahlen folgen (siehe untenstehende Tabelle).

Nachdem in der letzten Zeit besonders von Herrn von Bezold darauf hingewiesen ist, welche Bedeutung die Darstellung des täglichen



Tägl. Gang der Deklination.

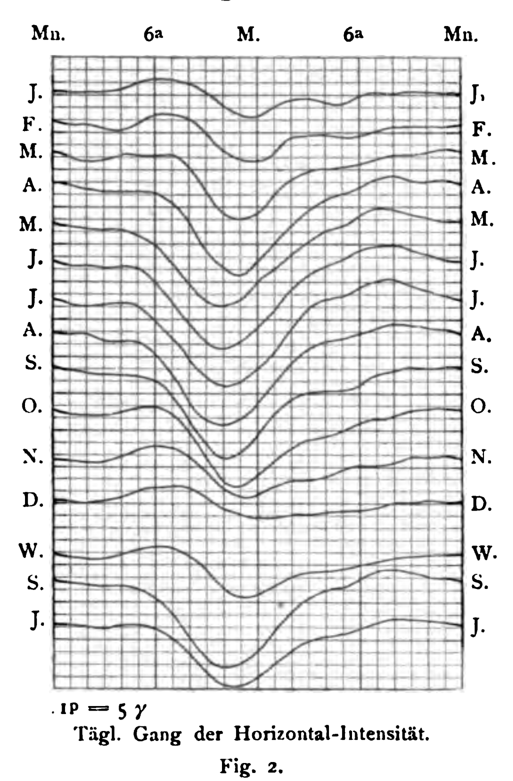
Fig. 1.

Ganges der Komponenten in der horizontalen Ebene durch sogenannte „Vektordiagramme" besitzt, hat Verfasser solche nach dem vorliegenden 10 jährigen Beobachtungsmaterial für die einzelnen Monate entworfen. Wenn hier auch von einer Wiedergabe derselben Abstand genommen werden muss und nur auf die Originalabhandlung, Taf. I, verwiesen werden kann, so möge doch nicht unerwähnt bleiben, dass die nach 10 jährigen Mittelwerten gebildeten Vektordiagramme schon einen recht normalen, regelmässigen Verlauf zeigen, in welchem die sonst, besonders in den Wintermonaten, stark auftretenden Zacken und Schlingen schon fast

1) Abhandlungen des Königl. Preuss. Meteorolog. Instituts Bd. 1, No. 8. 54 S., 2 Taf. Berlin 1901, A. Asher & Co.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.	Winter	Sommer	Jahr
D	5,20	6,17	9,00	11,45	11,38	11,24	11,12	11,06	9,34	7,36	5,88	4,94	6,33	10,72	7,96
H	15,0	18,2	27,7	39,8	38,9	41,0	42,8	41,5	36,9	32,5	20,4	13,2	20,4	39,4	27,0
$\mathfrak{J}$	1,00	1,19	1,63	2,07	2,07	2,29	2,47	2,47	2,33	2,02	1,31	0,92	1,27	2,22	1,50
X	17,3	21,6	31,4	42,4	39,1	40,4	42,6	43,4	39,5	35,3	22,8	15,2	22,8	40,3	29,8
$-Y$	26,8	31,5	47,7	60,0	60,8	61,0	60,2	59,0	50,4	35,9	29,4	25,1	31,7	57,6	41.9
Z	6,4	11,9	18,3	25,4	29,2	25,1	24,1	20,5	16,9	13,7	9,7	7,4	10,6	23,3	16,7
T	9,3	14,7	24,4	35,8	39,6	37,0	35,5	31,4	26,9	22,1	13,4	8,4	15,2	33,9	24,5

völlig verschwinden. Auch geht aus einem Vergleich der einzelnen Monate hervor, dass eine grosse Ähnlichkeit besteht zwischen: Januar und Dezember, Februar und November, März und Oktober, April und September, Mai und August, Juni und Juli. Will man also bei irgendwelchen Untersuchungen Mittelwerte von zwei Monaten bilden, so ist jene, schon von Herrn Wild vorgeschlagene Kombination entschieden die beste.

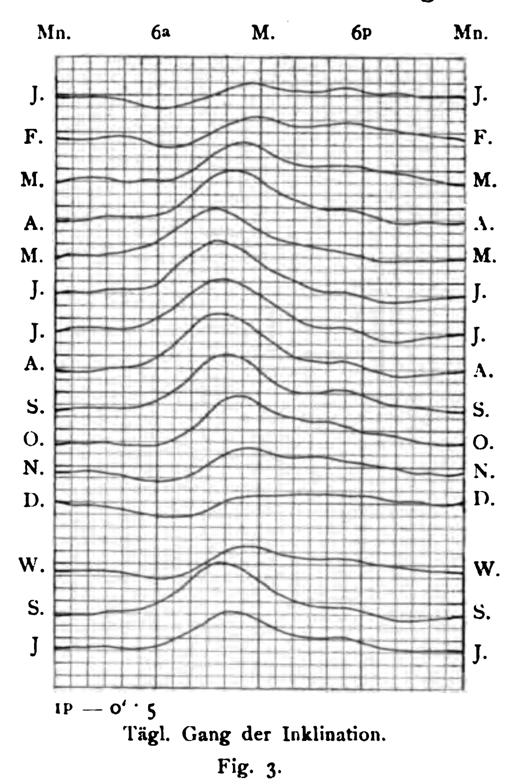


Tägl. Gang der Horizontal-Intensität.

Fig. 2.

Weiterhin zeigt sich, dass die grössere Zusammenfassung in Winter- und Sommerhalbjahr eigentlich wenig empfehlenswert ist, da sie Monate von allzu verschiedenem Charakter zusammenbringt. Richtiger ist die Lloydsche Kombination: Winter (Januar, Februar, November, Dezember), Sommer (Mai, Juni, Juli, August), Äquinoktien (März, April, September, Oktober).

2. Jährlicher Gang und Säkularvariation. Zur Ableitung des jährlichen Ganges dienten die Monatsmittel, die zuvor für Säkularvariation korrigiert wurden. Der so erhaltene jährliche Gang der Komponenten in der horizontalen Ebene zeigt eine doppelte Periode, bei der das Hauptmaximum zur Zeit des Sommersolstitiums, das sekundäre zur Zeit des Wintersolstitiums auftritt. Die beiden wenig voneinander verschiedenen Minima fallen in die Äquinoktien.



Tägl. Gang der Inklination.

Fig. 3.

Die Vertikal- und Totalintensität dagegen zeigen nur eine einfache Periode, deren Maximum in den Februar und deren Minimum in den Juni—Juli fällt.

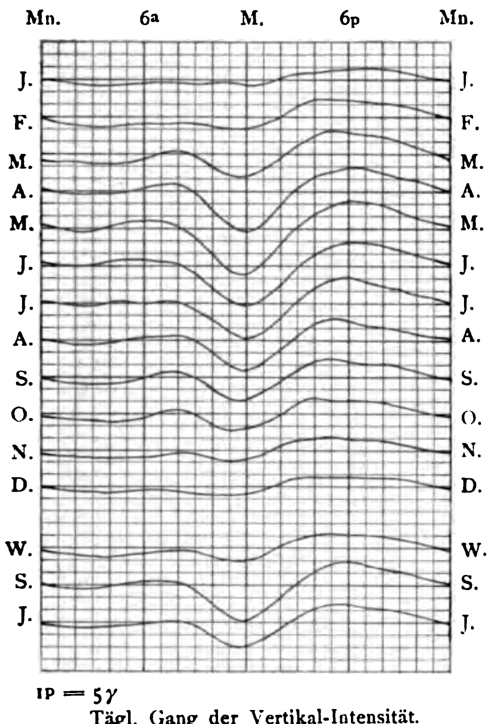
Im einzelnen geben die nachstehenden, in einfacher Weise ausgeglichenen Zahlen die jährlichen Gänge der Elemente. (Siehe untenstehende Tabelle.)

Die Säkularvariationen sind aus den Jahresmitteln berechnet. Die Werte für 1890/91 mussten als unsicher (:) bezeichnet und auch bei der Mittelbildung ausgeschlossen werden, da

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktober	Novbr.	Dezbr.	Amplitude
D	— 0,02	— 0,07	— 0,05	+0,04	+0,09	+0,16	+ 0,21	+0,12	— 0,03	— 0,16	—0,21	—0,21	0,42
H	— 1,7	— 2,8	—1,8	+1,6	+5,6	+7,4	+ 5,0	+0,5	—3,4	—4,8	—3,6	—1,8	12,2
J	+ 0,35	+ 0,46	+0,32	+0,01	—0,34	—0,62	— 0,58	— 0,24	+0,09	+0,25	+0,26	+0,25	1,08
X	— 1,7	— 2,6	—1,6	+1,6	+5,2	+6,9	+ 4,7	+0,3	—3,4	—4,6	—3,4	—1,6	11,5
$-Y$	— 0,6	— 1,1	— 0,7	+0,6	+1,6	+2,3	+ 2,1	+0,9	—0,6	—1,6	—1,6	—0,9	3,9
Z	+10,2	+12,7	+9,0	+6,2	+0,2	—8,2	—10,8	—8,3	—6,6	— 5,1	—2,2	+3,3	23,5
T	+ 9,1	+10,2	+7,7	+5,4	+1,0	—6,0	— 9,2	—8,0	—7,0	— 5,3	—1,7	+3,7	19,4

die absoluten Mittelwerte für das Jahr 1890 nicht hinreichend genau waren.

Ferner ist zu beachten, dass die Werte für J, und damit auch für Z und T recht grosse Verschiedenheiten zeigen. Dieselben dürften zu einem Teile auf die bereits erwähnte geringere Sicherheit in der absoluten Messung



Tägl. Gang der Vertikal-Intensität.

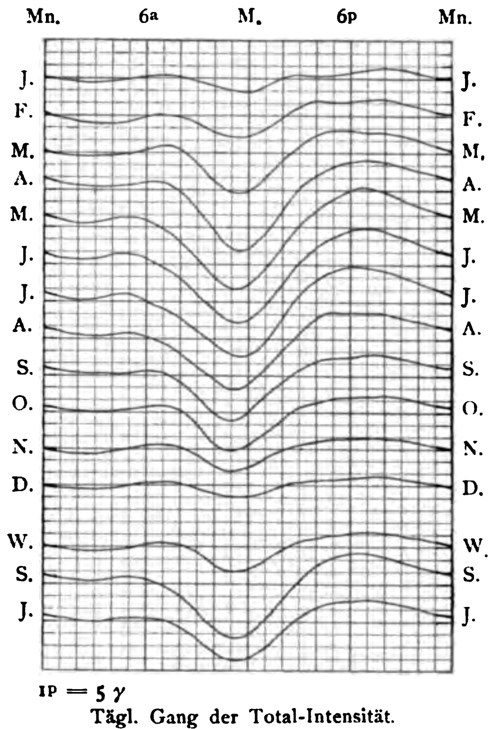
Fig. 4.

der Inklination und der Angaben der Lloydschen Wage zurückzuführen sein, zum anderen auch vielleicht darauf, dass die Inklination ziemlich nahe einem Wendepunkte ist und dass daher die Säkularvariationen ziemlich schwankend werden.

Bei der Deklination findet sich eine ziemlich regelmässige Abnahme. Auch sie nähert sich also einem Wendepunkte, und zwar einem Minimum. Immerhin dürften noch mindestens 120 Jahre vergehen, bis die Deklination 0^0 in Potsdam erreicht wird.

Für die Horizontalintensität ergiebt sich ein Mittelwert, der recht gut mit dem gewöhnlich angegebenen übereinstimmt.

Die untenstehende Tabelle giebt die genauen Werte der Säkularvariationen für die einzelnen



Tägl. Gang der Total-Intensität.

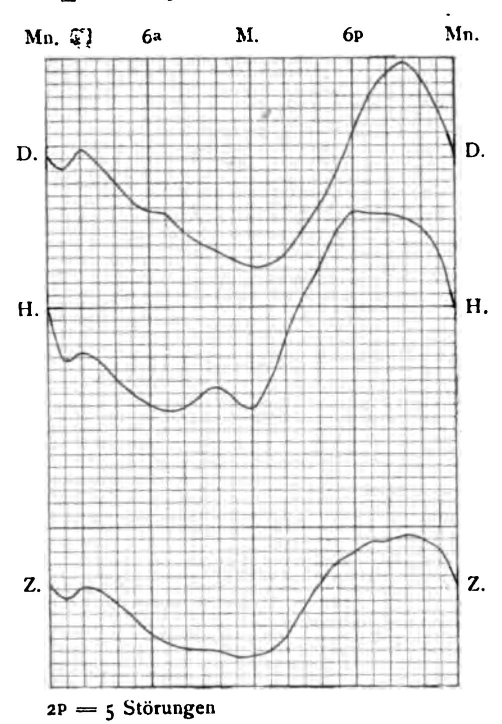
Fig. 5.

Elemente und Epochen. In der letzten Horizontalkolumne finden sich ausserdem noch die absoluten Werte der magnetischen Elemente für ein Beobachtungsjahr, und zwar für das Jahr 1899. Damit ist die Möglichkeit gegeben, alle absoluten Jahresmittel der zehn Beobachtungsjahre zu berechnen.

3. Magnetische Störungen. Die Untersuchung über die magnetischen Störungen erfolgte nach der von Eschenhagen gegebenen

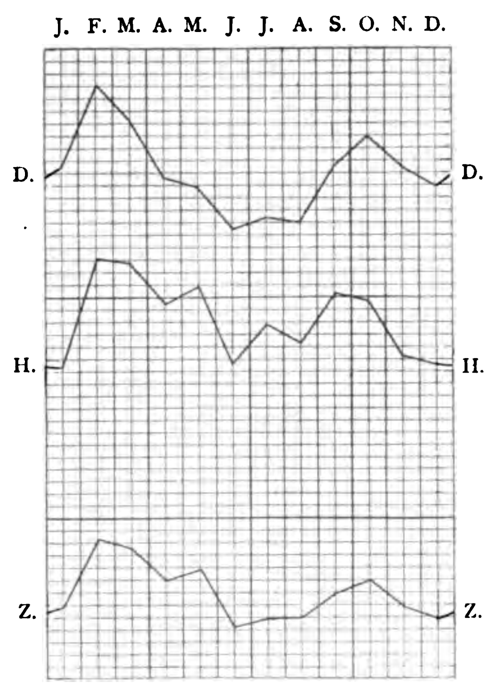
Zeit	D	H	J	X	$-Y$	Z	T
1890/91	−6,48:	+18,8:	−3,41:	+25,1:	−31,0:	−84,9:	−69,9:
91/92	−6,01	+10,1	+0,47	+16,0	−30,1	+39,5	+40,1
92/93	−4,90	+31,0	−0,84	+35,3	−20,5	+43,3	+52,0
93/94	−5,89	+18,3	−1,67	+23,8	−28,1	−15,8	− 7,3
94/95	−5,52	+25,7	−2,19	+30,7	−25,0	−16,5	− 4,9
95/96	−5,61	+26,4	−1,42	+31,6	−25,3	+12,3	+21,2
96/97	−4,57	+27,2	−1,98	+38,1	−19,8	− 5,9	+ 5,9
97/98	−4,68	+20,5	−1,08	+17,6	−21,5	+ 9,8	+17,2
1898/99	−4,32	+23,6	−2,05	+27,4	−19,2	−16,3	− 5,6
Mittel	−5,19	+22,8	−1,34	+27,6	−23,7	+ 6,3	+14,8
Absol. Werte f. 1899,6	10°0′,69	0,188180	66°33′,29	0,185315	0,032714	0,433920	0,472968

Klassifikation der magnetischen Kurven (s. „Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen in Potsdam in den Jahren 1890 und 91“).



Tägl. Gang der Störungen.

Fig. 6.



Tägl. Gang der Störungen.

Fig 7.

Über den täglichen und jährlichen Gang der magnetischen Störungen giebt die graphische Darstellung in Fig. 6 und 7 nähere Auskunft. Man ersieht daraus einerseits die sehr deutliche Zunahme der Störungen in den späten Nachmittags- und Abendstunden (worauf auch bei manchen physikalischen Messungen Rücksicht zu nehmen wäre) und die Lage des Minimums um Mittag. Andererseits findet sich das bereits von Humboldt, Sabine u. a. erwähnte doppelte Maximum zur Zeit der Äquinoktien und ein doppeltes Minimum zur Zeit der Solstitien auch durch die Potsdamer Beobachtungen bestätigt.

Störungen von grösserer Intensität (Charakter 4 und 5 der Eschenhagenschen Skala) traten an folgenden Tagen auf:

1890: März 16; Oktober 10; November 8.

1891: Februar 11, 12, 14; März 2, 5, 31; April 7, 8, 12, 13; Mai 14, 15, 16; Juni 14; September 10, 11, 12, 28; Oktober 24; November 20, 21; Dezember 7.

1892: Januar 4, 5, 6, 17, 29; Februar 2, 4, 7, 13, 14, 15, 20, 21, 27; März 1, 6, 7, 11, 12, 13, 25; April 25, 26; Mai 1, 18, 19; Juni 3, 27; Juli 12, 14, 16, 17; August 12; September 21, 22; Oktober 12, 13, 15, 18; November 4, 5, 17; Dezember 5.

1893: Februar 4, 5; März 26; Juli 16; August 6, 7, 18; November 1, 2, 3.

1894: Januar 3, 4; Februar 21, 23, 24, 25; März 30, 31; April 17; Juni 10; Juli 20, 21; August 20, 21; September 14, 15, 19, 20; November 13, 14, 18, 23; Dezember 15.

1895: Januar 18, 19; Februar 8, 9, 10, 15, 16; März 8, 9, 13, 14; April 11, 12, 23; Mai 10, 29; August 10; September 30; Oktober 12, 13, 14, 17; November 9, 10, 11, 12, 24.

1896: Januar 4, 17, 31; Februar 4, 28, 29; März 4, 26, 28; Mai 2, 3, 17; September 18, 20; Oktober 11, 12; November 7; Dezember 3, 4.

1897: Januar 2; April 2, 20, 23; Dezember 11, 20, 21.

1898: Januar 16, 17, 18; Februar 11, 14; März 15, 16; Mai 30; August 16; September 3, 9, 10; Oktober 25, 29, 30; November 21, 22.

1899: Januar 18, 28, 29; Februar 12, 23, 28; März 10, 11, 21, 22, 23; April 18, 19; Mai 4, 5; Juni 28, 29, 30; Oktober 30.

Auch in diesen stärkeren Störungen zeigt sich ein ganz charakteristischer jährlicher Gang, bei dem das Hauptmaximum auf den Februar, ein sekundäres auf den November fällt. Das Hauptminimum erstreckt sich über die Sommermonate, ein anderes fällt in den Dezember.

4. Zusammenhang der magnetischen Erscheinungen mit Polarlicht und Sonnenflecken. Der bekannte Parallelismus des täglichen und jährlichen Ganges der magnetischen Störungen mit dem Auftreten des Nordlichtes findet auch hier weitere Bestätigung.

Über den Zusammenhang der magnetischen Erscheinungen mit den Sonnenflecken ist im einzelnen nichts Bestimmtes nachzuweisen. Sobald man aber für das volle Jahr das Auftreten der Sonnenflecken mit der Amplitude des täglichen Ganges der magnetischen Elemente vergleicht, so findet sich eine auffallende Übereinstimmung: die Amplituden variieren genau mit der Häufigkeit der Flecken. Das ergiebt sich auch aus den Vektordiagrammen des täglichen Ganges, die für die einzelnen Beobachtungsjahre gezeichnet wurden. Ihre Grösse nimmt in demselben Verhältnis zu und ab wie die Zahl der Sonnenflecken, die Periode ist also dieselbe. Allein es ändert sich während einer Sonnenfleckenperiode nicht nur die Grösse der Vektordiagramme, sondern auch die geometrische Gestalt derselben in regelmässiger Weise. Etwas Ähnliches scheint auch bei der Vertikalintensität einzutreten, bei der sich der Einfluss der Sonnenflecken nicht bloss in der mehr oder weniger grossen Amplitude zeigt, sondern auch darin, dass die Durchgänge durch die Mittellage bei der täglichen Variation eine systematische Verschiebung erleiden.

Sollte das hier Ausgesprochene allgemein bestätigt werden, so würde daraus folgen, dass die Ströme, welche höchstwahrscheinlich die tägliche Variation des Erdmagnetismus bedingen, während einer Sonnenfleckenperiode nicht bloss in Intensität, sondern auch in ihrem Verlaufe regelmässigen Änderungen unterworfen sind.

Weitere Untersuchungen in dieser Richtung dürften zu interessanten Ergebnissen führen, besonders wenn dabei auch auf einen eventuellen Zusammenhang der magnetischen mit den meteorologischen Erscheinungen Bedacht genommen würde.

(Eingegangen 11. Januar 1902.)

Zur Frage der Dielektrika.

Von J. Kossonogoff.[1])

Die angewandte Methode ist kurz folgende. — Zwei parabolische Spiegel (Öffnung 10 × 10 qcm, Brennweite 1,5 cm) aus Pappbogen sind mit den Öffnungen einer zum anderen gekehrt und einer über dem anderen befestigt. Auf den Pappmänteln der Spiegel sind parallel der Fokallinie Stanniolstreifen einer bestimmten Grösse (s. u.) geklebt, damit die Spiegel nur Wellen einer einzigen Länge reflektieren. Als Erreger der elektrischen Schwingungen dient ein dem Righischen ähnlicher, in der Fokallinie des unteren Spiegels angebrachter Vibrator; als Indikator — ein in der Fokallinie des oberen Spiegels befestigter Kohärer, welcher mit einem Galvanometer verbunden ist. Der untere Spiegel giebt beim Funktionieren des Vibrators einen parallelen Wellenzug, welcher nach der Reflexion vom oberen Spiegel auf den Kohärer einwirkt.

Der Verfasser stellt auf den unteren Spiegel zwei parallelepipedische Glasgefässe, welche die in Untersuchung genommene Flüssigkeit enthalten. Die Trennungsfläche ist der Fokallinie des Spiegels parallel. Bei einem Unterschiede der Höhen der Flüssigkeitssäulen in beiden Gefässen entsteht ein Gangunterschied zwischen den beiden Hälften des Wellenzuges; diese interferieren in der Fokallinie des oberen Spiegels und wirken auf den Kohärer ein. Nach dem Unterschiede der Höhen der Flüssigkeitssäulen, welcher dem Minimum der Einwirkung auf den Kohärer entspricht, kann man den elektrischen Brechungsexponent n und die dielektrische Konstante $D = n^2$ leicht bestimmen.

Bei dieser Interferenzmethode konnte der Verfasser Spiegel mit verschiedenen Resonatoren (natürlich paarweise) anwenden und auf diese Weise Brechungsexponenten für verschiedene Wellenlängen bestimmen. Die Resultate sind wie folgt:

1) Habilitationsschrift Kiew, 1901.

Resonatorgrösse in □ cm		1,0 × 0,3	1,5 × 0,3	2,0 × 0,3	3,0 × 0,3	4,0 × 0,3	
Entsprech. Wellenlänge λ[2]) in der Luft in cm		1,92	2,95	4,30	6,43	9,04	
Paraffin flüs.	n	1,476	1,475	1,458	1,445	1,433	1,4857
	D	2,179	2,176	2,126	2,088	2,053	
Petrol.	n	1,459	1,453	1,443	1,429	1,417	1,4582
	D	2,129	2,111	2,082	2,042	2,008	
Ol. Naphtae	n	1,488	1,490	1,472	1,459	1,453	1,5028
	D	2,214	2,220	2,161	2,132	2,111	
Terpentin	n	1,433	1,432	1,424	1,415	1,393	1,4766
	D	2,053	2,050	2,028	2,002	1,940	
Benzin	n	1,561	1,560	1,525	1,520	1,504	1,4010
	D	2,437	2,434	2,326	2,310	2,262	
Ricinusöl	n	1,421	1,385	1,419	1,992	2,000	1,4804
	D	2,019	1,918	2,014	3,968	4,000	

2) Diese Längen sind nach den Boltzmannschen und Righischen Methoden bestimmt.

wo die letzte Kolumne die optischen Brechungsexponenten für $\lambda = 6{,}10^{-5}$ cm enthält.

Die Resultate zeigen also eine schwache normale elektrische Dispersion für die ersten fünf Flüssigkeiten. Was das Kastoröl betrifft, so weisen die ihm entsprechenden Zahlen auf eine anomale Dispersion, doch lässt der Verfasser diese Frage unerledigt, da nach seiner Meinung diese Erscheinung vielleicht durch eine im Kastoröl immer enthaltene Wassermenge verursacht wird.

(Eingegangen 28. Dezember 1901.)

Beobachtungen des elektrischen Zerstreuungsvermögens der Atmosphäre und des Potentialgefälles im südlichen Algier und an der Küste von Tunis.

Von A. Gockel.

Im Monat August und anfangs September v. J. habe ich in Biscra, der 200 Kilometer südlich davon gelegenen Oase Tougourt und zuletzt an dem Küstenplatz Hammam el Lif bei Tunis Messungen des Potentialgefälles, der elektrischen Zerstreuung und der Sonnenstrahlung gleichzeitig mit den üblichen meteorologischen Beobachtungen vorgenommen. Über die Resultate soll an anderer Stelle ausführlich berichtet werden; bei dem grossen Interesse aber, das Messungen des elektrischen Zerstreuungsvermögens der Atmosphäre zur Zeit erregen, mögen einige kurze Bemerkungen über die Beziehungen der genannten Grösse zu den gemessenen Werten des Potentialgefälles hier Platz finden.

Bezüglich der angewandten Methode will ich hier nur anführen, dass ich die Zerstreuungsmessungen stets ohne den von den Herren Elster und Geitel angewandten Schutzcylinder ausgeführt habe. Wie die genannten Forscher selbst hervorheben, ist die Anwendung dieses Cylinders ein Notbehelf, der den Übelstand im Gefolge hat, dass die Fernwirkung des Zerstreuungskörpers beschränkt wird.[1]) Messungen, die mit und ohne Anwendung des Schutzcylinders angestellt wurden, sind auch, wenn man die Änderung der Kapazität in Rechnung zieht, nicht miteinander vergleichbar, denn die durch den Schutzcylinder hervorgebrachte Verminderung der Zerstreuungsgeschwindigkeit hängt, wie ich mich wiederholt überzeugte, in hohem Masse von der Stärke der Luftbewegung ab. Ich habe deshalb den Cylinder nur dann auf das Instrument gesetzt, wenn ein heftiger Wind dazu nötigte. In diesem Falle kommen ja auch die Nachteile dieser Schutzvorrichtung am wenigsten zur Geltung. In allen anderen Fällen habe ich mich damit begnügt, den Apparat so aufzustellen, dass er gegen die Influenzwirkung des äusseren elektrischen Feldes, sowie gegen die Bestrahlung durch die Sonne möglichst geschützt war. Übrigens hat auch Ebert[1]) gezeigt, dass ein Hallwachs-Effekt an einem gut geschwärzten Messingcylinder nicht nachzuweisen ist. Bei den Beobachtungen in der Wüste stand das Instrument stets direkt auf dem Erdboden.

1) Vergl. auch Ebert, Met. Ztschft. **18**, 343, 1901.

Die an den genannten Orten gefundenen Zerstreuungskoeffizienten sind im allgemeinen höher als die hier in Freiburg beobachteten, sie steigen bis auf 10 Proz. pro Minute und darüber, während ich hier selten mehr als 5 Proz. gefunden habe. Der starken Zerstreuung entspricht ein schwaches Potentialgefälle, im Mittel etwa 35 Volt/meter, gegenüber 100 in unseren Breiten. Die Zerstreuung zeigte in Biscra und Tougourt einen gut ausgeprägten täglichen Gang. Von geringen Werten, 2—4 Proz. per Minute bei Sonnenaufgang stieg sie an, bis sie im Laufe der ersten Nachmittagsstunden den oben genannten Wert von etwa 10 Proz. erreichte. Ein auffallendes Sinken des Zerstreuungskoeffizienten bis auf Werte von 1 Proz. pro Minute und darunter trat etwa eine halbe Stunde vor Sonnenuntergang ein. Diese Erscheinung war etwas weniger ausgeprägt in Biscra, wo sie an einigen Tagen ganz ausblieb, dagegen sehr deutlich in Tougourt; daselbst war das auf der Terrasse des Hauses beobachtete Zerstreuungsvermögen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen fast Null. Gesichts- und Geruchssinn wiesen auf starken Dunst- und Staubgehalt der Atmosphäre als Ursache der aufgehobenen elektrischen Leitfähigkeit hin.[2]) Ich vermutete, dass hier Rauch, der aus den um diese Zeit angeheizten Kaminen stamme, mit im Spiele sei und stellte deshalb an den folgenden Tagen die Beobachtungen in der freien Wüste an, an einer Stelle, die durch den herrschenden Wind gegen den aus dem Ort stammenden Rauch geschützt war. Hier sank der Zerstreuungskoeffizient zwar nicht in dem Masse wie innerhalb der Ortschaft, immerhin war die Erscheinung, besonders bei positiver Ladung des Zerstreuungskörpers, ausgeprägt genug. Ich will gleich hinzufügen, dass ich eine ähnliche Abnahme der Leitfähigkeit der Atmosphäre auch hier in Freiburg und zwar nach Sonnenuntergang beobachtet habe, dagegen konnte ich während meines Aufenthalts am Meere in Hammam el Lif etwas Ähnliches niemals feststellen. Hand in Hand mit dem Sinken des Zerstreuungsvermögens ging ein

1) l. c. 348.

2) Dieser augenfällige Staub- und Dunstgehalt der Luft lässt mir die von Herrn Ebert (Met. Ztschft. **18**, 295, 1901) gegebene Erklärung desselben Phänomens als nicht ausreichend erscheinen.

Ansteigen des Potentialgefälles auf etwa 150 Volt/meter, also das Vierfache des mittleren Wertes.

Es ist von verschiedenen Forschern konstatiert worden, u. a. auch von mir in Ladenburg a. N. und hier in Freiburg, dass zur Zeit des Sonnenaufganges ein rasches Ansteigen des Potentialgefälles eintritt, es ist mir aber in Algier sowohl als in Tunis am Meere nicht gelungen, dieselbe Erscheinung zu beobachten. Ich habe früher [1]) die vorübergehenden starken Erhöhungen des Potentialgefälles, von Exner Sprungmaxima genannt, durch das Heruntersinken von Luftschichten zu erklären versucht, welche positiv geladene Massen mit sich führen. Man wird auch nach den neueren Anschauungen daran festhalten müssen, dass diese Sprungmaxima eine Folge der Vertikalkomponente der Luftbewegung sind. In Tougourt folgte die starke Abnahme des Zerstreuungsvermögens der Atmosphäre auf das gegen 5 Uhr abends eintretende Barometerminimum. Die Luft musste sich also von der Seite her gegen den Erdboden in Bewegung setzen und brachte den unter Tags in die Höhe gerissenen Staub mit herab. Das gegen Abend stets eintretende Abflauen des Windes wird ebenfalls dazu beigetragen haben, dass der Rauch und Staub sich langsam zu Boden senkte und die Ionenbeweglichkeit hemmte. Hier in Freiburg ist es natürlich die aus den nämlichen Ursachen hervorgehende abendliche Dunstbildung, welche dieselbe Erscheinung hervorruft.

Ein Unterschied in der Zerstreuungsgeschwindigkeit positiver und negativer Elektrizität wurde im allgemeinen nicht bemerkt, nur in der eben besprochenen abendlichen Erscheinung machte sich, wie schon gesagt, ein solcher Unterschied manchmal geltend, eine positive Ladung wurde langsamer zerstreut als eine negative, es waren also hauptsächlich die negativen Ionen durch den Dunst und Staub in ihrer Beweglichkeit gehemmt, was mit unsern Anschauungen über die Kondensationsfähigkeit der negativen Ionen gut übereinstimmt. An einem Abend erreichte das Verhältnis

$$q = \frac{a_-}{a_+}$$

(a_- die Zerstreuungsgeschwindigkeit einer negativen, a_+ die einer positiven Ladung) den Wert 7,6, an einem anderen sogar 8,9. Abgesehen aber von diesen nur innerhalb der Zeit von 5^h 30 p bis 7^h p auftretenden Extremwerten schwankten die Zahlen für q in Biscra zwischen 0,6 und 1,4, in Tougourt zwischen 0,9 und 2,0, in Hammam el Lif zwischen 0,9 und 1,15.

Was die tägliche Periode des Potentialgefälles betrifft, so liess sich ausser dem erwähnten Sprungmaximum am Abend und dem an vielen Punkten der Erde schon beobachteten vormittägigen Maximum (gegen 9a eintretend) eine regelmässige Änderung im Laufe des Tages nicht nachweisen. Zu einem ähnlichen Resultat führten auch meine früher in Biscra angestellten Beobachtungen.[1]) Von den beiden erwähnten Maximalwerten abgesehen, dürften die beobachteten Schwankungen des Potentialgefälles wohl in erster Linie durch die wechselnde Windgeschwindigkeit bedingt sein. Auf jeden Fall liess sich ein nachmittägiges Minimum nicht erkennen, und auch das vormittägige Maximum war nicht so ausgeprägt wie an andern Orten. Die tägliche Kurve des Potentialgefälles nimmt also, von dem abendlichen Sprungmaximum abgesehen, den Verlauf, den sie nach Chauveau an solchen Orten haben soll, an denen der Einfluss des Bodens ausgeschlossen ist.

Dass die Bildung der Ionen und damit die Leitfähigkeit der Luft in hohem Masse von der Durchstrahlung durch Sonnenlicht abhängt, zeigt deutlich die sowohl in Biscra, als auch in Tougourt beobachtete Zunahme des Zerstreuungskoeffizienten im Laufe des Tages. Wenn das Potentialgefälle trotz seiner unleugbar vorhandenen Abhängigkeit vom Zerstreuungsvermögen der Atmosphäre nicht genau den umgekehrten Gang einschlägt wie das letztere, so rührt das daher, dass eben das Potentialgefälle auch noch von anderen Faktoren abhängig ist, als von dem Leitvermögen der Atmosphäre am Beobachtungsorte. So lassen sich die niedrigen Werte des Potentialgefälles vor Sonnenaufgang leicht durch das Herabsinken gutleitender, ionenreicher Luft erklären. Mit dieser Erklärung steht aber das zu derselben Zeit beobachtete geringe Zerstreuungsvermögen im Widerspruch. Nimmt man aber an, dass nur in den untersten Schichten der Atmosphäre, in denen der Apparat stand, die Beweglichkeit der Ionen durch Staub und Dunst gehemmt war, während das Potentialgefälle noch stark beeinflusst war durch den Zustand der vielleicht nur 100 m höher gelegenen reinen Schichten, so fällt der Widerspruch meines Erachtens weg. Eine ähnliche Erklärung wird noch zu suchen sein für die Thatsache, dass in Tougourt das Potentialgefälle an zwei Mittagen auf den verhältnismässig hohen Wert von 150 V/m. stieg, während der Zerstreuungskoeffizient 8,2 Proz. betrug, also ziemlich nahe dem beobachteten Maximalwerte war.

Am Meeresstrande, in Hammam el Lif, war, wie die verminderte Sonnenstrahlung und die grössere relative Feuchtigkeit vermuten liess, die Zerstreuung geringer als in der Wüste, sie betrug im Mittel 6,5 Proz. p. M., dementsprechend war auch das Potentialgefälle höher, nämlich im Mittel 80 V/m. Zur Zeit des Sonnenaufganges war das Potentialgefälle sehr niedrig,

1) Met. Ztschft. 14, 286, 1897.

1) Met. Ztschft. 16, 483, 1899.

stets unter 30 V/m., es stieg gegen 8a sehr rasch, schwankte dann im Laufe des Tages je nach der Intensität des Windes ziemlich unregelmässig — das beobachtete Maximum war 180 V/m. —, um nach Sonnenuntergang wieder auf niedrigere Werte, 50 V/m. und darunter, zu sinken. Ich hatte erwartet, dass mit dem Eintreten des Seewindes auch eine Änderung im Zerstreuungsvermögen der Luft stattfinden werde, doch liess sich nichts derart nachweisen. Schliesst man die Fälle aus, in denen die Heftigkeit des Windes Messungen ohne Schutzcylinder unmöglich machte, so schwankte der Zerstreuungskoeffizient überhaupt nur zwischen 3,5 und 8,9 Proz. p. M. Der Minimalwert 3,5 Proz. wurde nur einmal und zwar nach Sonnenuntergang beobachtet.

Während der Fahrt auf dem Mittelländischen Meere wurden, ca. 200 Kilometer vom Lande entfernt, vormittags bei wolkenlosem Himmel und geringer Windstärke Zerstreuungskoeffizienten von 2—3,7 Proz. gemessen. Ich führe diese Zahlen deshalb an, weil Hr. Elster[1]) aus seinen an verschiedenen Orten angestellten Messungen den Schluss zieht, dass die Zerstreuung im Innern der Kontinente geringer sei als an den Küsten. Meine Beobachtungen bestätigen diese Folgerung nicht.

Eine auffallende Erscheinung trat in Hammam el Lif am Nachmittage des 3. September ein. Während bei starkem SE-Winde das Barometer rasch fiel, stieg die Temperatur von 28,2° C. um 12 p auf 34,5 um 3 p. Gleichzeitig sank die relative Feuchtigkeit von 73 auf 27 Proz., es herrschte also offenbar Sirocco. Das Potentialgefälle betrug 10 a noch 179 V/m., 12 a 63 und sank gegen 3 p unter 30 V/m. Die Zerstreuung, die am Vormittag 7 Proz. betragen hatte, stieg nach 2 p auf den höchsten in Hammam el Lif beobachteten Wert von 9,4 Proz., bei Anwendung des Schutzdaches betrug sie 3,2 Proz. Der gegen 4 p stürmisch werdende Wind verhinderte die Fortsetzung der Beobachtungen.

Ein direkter Zusammenhang zwischen Zerstreuungskoeffizient und Intensität der ultravioletten Strahlen lässt sich aus meinen Zahlen nicht erkennen, es wird dies verständlich, wenn man bedenkt, dass die Intensität der Strahlung bei gleicher Sonnenhöhe vom Zustande der gesamten durchstrahlten Atmosphäre, der Zerstreuungskoeffizient aber u. a. vom Wasser- und Staubgehalt der untersten Luftschichten abhängt. Untersuchungen in einem möglichst trockenen und staubfreien Ort werden vielleicht einen Einblick in den Zusammenhang der beiden Faktoren gewähren, ich habe deshalb in diesem Winter Beobachtungen im Gebirge begonnen.

1) Diese Ztschft. 2, 114, 1900.

Freiburg, Schweiz, Januar 1902.

(Eingegangen am 25. Januar 1902.)

Übertragung erregter Radioaktivität.

Von E. Rutherford.[1])

Eine der interessantesten Eigenschaften der radioaktiven Substanzen, Thorium und Radium, ist ihre Fähigkeit, allen Körpern in ihrer Nachbarschaft zeitweilige „erregte" Radioaktivität mitzuteilen. Wenn ein stark negativ geladener Draht in ein geschlossenes Metallgefäss gebracht wird, welches Thor oder Radium enthält, so ist die erregte Radioaktivität vollständig auf die negative Elektrode beschränkt. Ist der Draht positiv geladen, so bleibt er inaktiv, aber die erregte Radioaktivität tritt an den Wänden des Gefässes auf.

Wenn kein elektrisches Feld wirksam ist, so wird erregte Radioaktivität auf allen Substanzen in der Nachbarschaft des radioaktiven Materials hervorgerufen. Für eine gegebene Menge radioaktiver Substanz ist der Gesamtbetrag der in einer bestimmten Zeit erzeugten Radioaktivität nicht sehr verschieden, sei es, dass die erregte Radioaktivität in einem elektrischen Felde auf der negativen Elektrode konzentriert wird, sei es, dass sie durch den Prozess der Diffusion über die Wände des einschliessenden Gefässes verstreut wird.

In früheren Mitteilungen hat der Verfasser die durch Thoriumverbindungen hervorgerufene erregte Radioaktivität untersucht und gezeigt, dass sie innig verknüpft ist mit der Fähigkeit, eine radioaktive „Ausströmung" von sich zu geben.

Curie und Debierne[2]) haben im einzelnen die erregte Radioaktivität untersucht, die durch sehr aktive Proben von Radium hervorgerufen wird, wenn kein elektrisches Feld angewendet wird.

Dorn[3]) fand, dass Proben von Radium (von P. De Haen in Hannover hergestellt) eine ähnliche Ausströmung von sich gaben, wie Thorium. Die erregte Radioaktivität, die von Thorium und Radium herrührt, verschwindet mit der Zeit. Für Thoriumverbindungen fällt die erregte Strahlung in ungefähr 11 Stunden auf ihren halben Wert. Der Abfall der vom Radium erregten Strahlung erfolgt viel schneller, befolgt aber kein einfaches Gesetz. Er ist zuerst schnell und weiterhin viel langsamer. Der Verfasser hat gefunden, dass verschiedene Proben von Radium, die er besitzt, eine erregte Strahlung verursachen, deren Abfall in ganz verschiedener Weise erfolgt.

Auf der andern Seite verliert die Ausströmung die vom Thorium ausgeht, ihr Strahlungsvermögen sehr viel schneller, als diejenige, die vom

1) Der amerikanischen physik. Gesellschaft mitgeteilt am 29. Dez. 1901.

2) C. R. 132, 548, 768, 1901. Diese Zeitschrift 2, 500, 513, 1901.

3) Naturwissenschaftliche Gesellschaft Halle, Juni 1900. (?)

Radium ausgeht. Die erstere fällt in ungefähr einer Minute auf ihren halben Wert, während die letztere ihr Strahlungsvermögen einige Wochen beibehält.

Die Ausströmungen von Thorium und Radium verhalten sich in jeder Beziehung wie radioaktive Gase oder Dämpfe. Sie diffundieren sehr schnell durch Gase, durch poröse Substanzen, wie Pappdeckel, und, im Gegensatz zu den Gasionen, die sie auf ihrem Wege erzeugen, dringen sie durch Wattepfropfe hindurch und wandern durch Lösungen, ohne Absorption zu erfahren.

Der Verfasser vertritt die Anschauung, dass diese Ausströmungen in gewisser Weise die direkte Ursache der erregten Radioaktivität sind. Zur Stütze derselben seien folgende Thatsachen zusammengestellt:

1. Nur die Substanzen, welche Ausströmungen von sich geben, d. h. Thorium- und Radiumverbindungen, haben die Fähigkeit, erregte Radioaktivität hervorzurufen.

2. Wenn das Ausströmungsvermögen von Thorium und Radium durch starkes Erhitzen teilweise zerstört wird, so nimmt die Fähigkeit, Radioaktivität zu erregen, in demselben Verhältnisse ab.

3. Erregte Radioaktivität kann in Substanzen hervorgerufen werden, wenn nur die Ausströmung, nicht aber auch die radioaktive Substanz zugegen ist. Andererseits wird die Fähigkeit der radioaktiven Substanz selbst, Radioaktivität zu erregen, durch einen Gasstrom stark vermindert, der über sie hinwegstreicht und die Ausströmung mit sich fortträgt. Im Falle von Radium kann die Ausströmung in einem geschlossenen Gefässe mehrere Tage abgesperrt sein und doch noch radioaktive Erregtheit erzeugen. Die Strahlungsfähigkeit der Thoriumausströmungen lässt zu schnell nach, als dass sie ein solches Experiment gestattete.

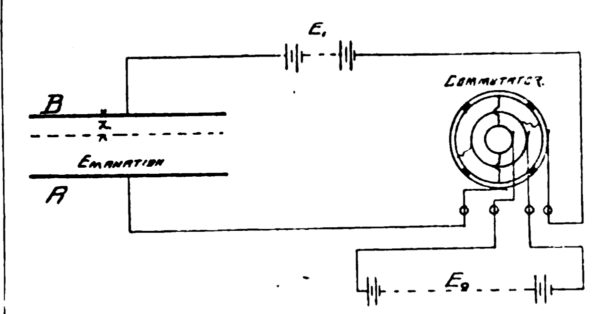
Die charakteristische Eigenschaft der erregten Radioaktivität ist die, dass sie in einem starken elektrischen Felde auf die Kathode beschränkt werden kann. Es ist daher wahrscheinlich, dass sie von einem Transport irgendwelcher positiv geladener „Träger" in dem elektrischen Felde herrührt.

Die Experimente, die jetzt beschrieben werden sollen, bestätigen diese Anschauung vollkommen und zeigen, dass sich die Träger in einem elektrischen Felde ungefähr mit derselben Geschwindigkeit bewegen, wie das positive Ion.

Prinzip der Methode.

Die Methode, die zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Trägers verwendet wurde, ist eine Abänderung einer schon angewendeten Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeit des negativen Ions, welches an der Oberfläche eines Metalles durch ultraviolettes Licht hervorgerufen wird.[1]) Sie bedient sich eines wechselnden elektrischen Feldes. Eine gleichgerichtete E. M. K. wurde durch einen rotierenden Kommutator in eine wechselnde E. M. K. von bekannter Frequenz verwandelt. Wenn in dieser Weise ein wechselndes Feld zwischen zwei parallelen Platten erzeugt wird, zwischen denen eine radioaktive Ausströmung gleichmässig verteilt gehalten wird, so werden gleiche Beträge erregter Radioaktivität in jeder Elektrode erzeugt.

Wenn hintereinander mit einer wechselnden E. M. K. E_0 eine Batterie von der E. M. K. E_1 ($E_1 < E_0$) aufgestellt wird, so bewegt sich der positive Träger während der einen Hälfte des Wechsels in einem stärkeren elektrischen Felde als während der anderen. Ein Träger bewegt sich folglich während der beiden halben Wechsel um verschiedene Strecken, falls die Geschwindigkeit des Trägers der Stärke des elektrischen Feldes proportional ist, in dem er sich bewegt. Hieraus folgt, dass die erregte Radioaktivität ungleich auf die beiden Elektroden verteilt sein wird. Wenn die Frequenz des Wechsels gross genug ist, so werden die positiven Träger nur innerhalb einer gewissen kleinen Entfernung von einer Platte zu ihr übergeführt werden, der Rest wird im Verlaufe einiger folgender Wechsel zur anderen Platte getragen.



Seien A und B (Fig.) zwei parallele Platten, die radioaktiv gemacht werden sollen. Die radioaktive Ausströmung zwischen ihnen wird gleichförmig verteilt gehalten.

Wenn B negativ ist, sei die Potentialdifferenz zwischen den Platten $E_0 - E_1$, wenn A negativ ist, $E_0 + E_1$; d sei der Plattenabstand, T die Zeit eines halben Wechsels; C das Verhältnis des Betrages der auf B erregten Radioaktivität zu der auf A und B zusammen. K sei die Geschwindigkeit des positiven Trägers für die Einheit des Potentialgefälles. Unter der Annahme, das Feld zwischen den Platten sei gleichförmig, und die Geschwindigkeit des Trägers sei proportional dem elektrischen Felde, ist dann die Geschwindigkeit des positviven Trägers nach B hin

1) Proc. Cambr. Phil. Soc. 1898.

$$\frac{E_0 - E_1}{d} K$$

und während des nächsten halben Wechsels

$$\frac{E_0 + E_1}{d} K$$

nach A hin.

Die grössten von einem positiven Träger während zweier aufeinander folgender Wechsel zurückgelegten Entfernungen sind

$$x_1 = \frac{E_0 - E_1}{d} KT; \quad x_2 = \frac{E_0 + E_1}{d} KT.$$

Wir wollen annehmen, die positiven Träger entständen zeitlich gleichförmig mit einem Betrage von q in der Sekunde auf die Einheit des Plattenabstandes. Die Zahl der positiven Träger, die B während eines vollständigen Wechsels erreichen, kann in zwei Teile geteilt werden:

1. Ein Teil, welcher innerhalb der Entfernung x_1 von B während der Zeit T des halben Wechsels erzeugt wurde; er hat den Betrag von $\frac{1}{2} x_1 q T$.

2) Alle diejenigen Träger, welche am Ende des voraufgegangenen Wechsels innerhalb der Entfernung x_1 von B zurückgeblieben sind. Ihr Betrag ist

$$\frac{1}{2} x_1 \cdot \frac{x_1}{x_2} q. T.$$

Nun werden alle diejenigen positiven Träger, die zwischen A und B erzeugt werden und B nicht erreichen, während einiger folgenden Wechsel nach B überführt, vorausgesetzt dass die Stärke des elektrischen Feldes die Gewissheit giebt, dass keine bemerkenswerte Wiedervereinigung der Träger auf dieser Strecke eintritt.

Die Gesamtzahl der Träger, die während eines ganzen Wechsels erzeugt werden, ist $2 d q T$.

Das Verhältnis ϱ der Anzahl positiver Träger, welche B erreichen, zu der Gesamtzahl ergiebt sich so zu

$$\varrho = \frac{1}{4} \frac{x_1}{d} \cdot \frac{x_1 + x_2}{x_2}.$$

Wenn man für x_1 und x_2 die Werte einsetzt, erhält man

$$K = \frac{2 (E_0 + E_1)}{E_0 (E_0 - E_1)} \frac{d^2}{T} \cdot C.$$

Bei den Experimenten wurden die Werte von E_0, E_1, d^2 und T variiert, und die allgemeinen Resultate wurden in Übereinstimmung mit der Gleichung gefunden.

Angewendeter Apparat.

Für die Experimente mit Thoriumausströmung wurde eine dicke Schicht von Thorium in eine flache Kupferschachtel innerhalb eines Hartgummikästchens von 11 qcm Grundfläche und 3 cm Tiefe gelegt, welches fest auf einen metallischen Untergrund gekittet war. Das Thorium wurde völlig mit Filtrierpapier in zwei Lagen bedeckt, welches das meiste von der direkten Strahlung auffing, der Ausströmung aber den Durchgang gestattete. Der Apparat wurde durch einen Metalldeckel luftdicht gemacht, der ringsum an dem oberen Rande des Hartgummikästchens in Quecksilber tauchte. Beim Beginn des Versuches wurde ein quadratisches Stück Aluminiumfolie auf das Papier gebracht, welches das Thorium bedeckte, eine Zinkplatte oben auf das Hartgummikästchen gelegt und der Deckel in seine Lage gebracht. Das wurde so schnell als möglich gemacht, und dann das elektrische Wechselfeld angewendet.

Die Ausströmung diffundierte schnell durch das Papier und die Aluminiumfolie und verteilte sich zwischen den Platten in dem elektrischen Felde. Nach einiger Zeit, die zwischen 20 und 90 Minuten variierte, wurde das Aluminium und das Zink weggenommen und ihre Radioaktivität auf dem gewöhnlichen Wege mit Hilfe eines empfindlichen Quadrantenelektrometers geprüft. So wurde das Verhältnis der erregten Radioaktivität auf den beiden exponierten Platten bestimmt. Dieses Verhältnis fand sich unabhängig von der Zeit, die man bis zur Prüfung vergehen liess, so dass die Radioaktivität jeder Platte in demselben Verhältnis abnimmt.

Die Mengen von Thorium, die bei den Versuchen verwendet wurden, variierten zwischen 25 und 100 g. Der Betrag der erregten Radioaktivität in einer bestimmten Zeit schwankte mit der Menge des verwendeten Thoriums, aber das Verhältnis auf beiden Platten wurde nicht davon berührt.

Im Verlaufe der Versuche ergab sich, dass eine Platte, welche kurze Zeit der Thoriumausströmung ausgesetzt wurde, nach dem Wegnehmen derselben noch einige Stunden eine allmähliche Steigerung seiner radioaktiven Kraft erfuhr. Der Betrag dieses Anwachsens schwankte mit der Zeitdauer der Ausströmungswirkung, erreichte aber bei kurzen Wirkungszeiten den drei- oder vierfachen Betrag des Anfangswertes. Für Wirkungszeiten von einigen Stunden ist die Erscheinung nicht so ausgeprägt, nach einer Einwirkung von einem Tage ist sie nur schwer zu beobachten.

Derselbe Apparat und die nämliche Methode wurden auch bei einigen Radiumexperimenten angewendet. Das Radium, welches ich besitze, strömte bei atmosphärischer Temperatur sehr schwach aus. Deshalb wurde von einer früher vom Verfasser beobachteten Erscheinung[1]) Gebrauch gemacht, dass der Betrag der Radiumausströmung mehrere tausendmal wächst, wenn man das Radium etwa bis zur Rotglut erhitzt.

1) Diese Zeitschrift **2**, 429, 1901.

Die Ausströmung des erhitzten Radiums wurde zunächst durch einen Luftstrom in einen kleinen metallischen Cylinder überführt. Dann wurden dessen Öffnungen geschlossen. Die so gesammelte Ausströmung reichte einige Tage für die Versuche aus. Beim Beginn des Versuches wurden die beiden Platten in eine Ebonitschachtel gebracht und das Wechselfeld angewendet. Durch zwei seitliche Röhren an dem Ebonitkästchen wurde mit einem schwachen Luftstrom ein kleiner Betrag der Ausströmung aus dem Cylinder zwischen die Platten gebracht. Dann wurden die seitlichen Röhren geschlossen. Nach einer Exposition von etwa einer halben Stunde wurde ein Luftstrom durch die Schachtel getrieben, um sie von der Ausströmung zu reinigen. Die Platten wurden dann entfernt, und ihre Radioaktivität geprüft. Mit Rücksicht auf den anfänglich schnellen Abfall der vom Radium erregten Radioaktivität war es schwer, befriedigende Vergleichungen der Platten vor Ablauf von 15 Minuten zu machen, innerhalb deren der Abfall langsam genug wurde, um eine exakte Bestimmung des Verhältnisses zu gestatten. Alle diese Versuche zeigten, dass dieses Verhältnis unabhängig ist von der Zeitdauer, die man bis zur Untersuchung hat verstreichen lassen.

Ziemlich die meisten Experimente wurden mit der Ausströmung von Thorium gemacht. Vergleichungen der Geschwindigkeit des Trägers wurden über ein weites Gebiet der Wechselzahl und der Spannung ausgedehnt. Die allgemeinen Ergebnisse waren mit der oben entwickelten Theorie in Übereinstimmung. Es fand sich, dass bei konstanter Spannung der Wert von ϱ mit abnehmender Wechselzahl sich verminderte. Bei konstanter Wechselzahl nahm er mit der Spannung zu.

Obwohl genügend hohe Spannungen angewendet wurden, ergab sich, dass die gemessenen Werte der Geschwindigkeit zu hoch waren. Dies rührt zum Teil her von der Wiedervereinigung von Ionen zwischen den Platten. Wenn eine E. M. K. angewendet wird, die nicht genügt, die Ionen vor der Wiedervereinigung an die Elektroden zu führen, so wird die erregte Radioaktivität sowohl auf die positive, wie negative Elektrode verteilt. In der Theorie haben wir das Potentialgefälle zwischen den Platten als gleichförmig angenommen. In Wirklichkeit sind wir davon weit entfernt, besonders, wenn die Ionisation zwischen den Platten gross ist. Die Versuche von Child und Zeleny haben nachgewiesen, dass ein plötzlicher Potentialfall dicht an jeder Elektrode vorhanden ist, so dass das elektrische Feld in der Nähe der Platten grösser ist, als in der Mitte.

Nach dem weiter unten hin entwickelten Gesichtspunkte ist es auch möglich, dass die positiven Träger bei ihrer Entstehung eine grosse Anfangsgeschwindigkeit haben, die sie einen kurzen Weg durch das Gas, unabhängig von dem äusseren elektrischen Felde, tragen kann.

Aus diesen Gründen erreicht, wenn die Wechselzahl sehr gross oder das elektrische Feld klein ist, eine grössere Zahl von positiven Trägern die Platte B, als man nach der einfachen Theorie erwarten würde. Die berechneten Werte der Geschwindigkeit sind folglich in diesen Fällen zu gross.

Die folgende Tabelle ist ein Beispiel für einige Resultate, die bei verschiedenen Spannungen und Plattenentfernungen erhalten wurden.

Temperatur 18°, die Luft fast trocken.
Plattenabstand 1,30 cm.

$E_0 + E_1$ Volt	$E_0 - E_1$	Wechselzahl in der sec	ϱ	K cm/sec
75	50	57	0,17	1,6
152	101	57	0,27	1,25
225	150	57	0,38	1,17
300	200	57	0,44	1,24

Der Wert von K ist in cm/sec für ein Potentialgefälle von ein Volt/cm angegeben.

Für das letzte Beispiel, bei dem der Träger sich während jedes halben Feldwechsels über eine Entfernung von mehr als 1,3 cm bewegte, war eine abgeänderte Form der Gleichung notwendig, um die Geschwindigkeit zu berechnen.

Der Wert von 1,6 cm/sec bei 50 Volt ist aus den oben entwickelten Gründen zu hoch.

Plattenabstand 2 cm.

E_0+E_1	E_0-E_1	Wechselzahl in der sec	S	K
237	207	44	0,37	1,47
300	200	53	0,286	1,45

Versuche über die Geschwindigkeit des Trägers der vom Radium erregten Radioaktivität sind noch nicht vollendet. Indessen sind sie weit genug vorgeschritten, um zu zeigen, dass die Wirkungen einer Änderung von Wechselzahl und Spannung den beim Thorium erhaltenen durchaus ähnlich sind. Der Wert der Geschwindigkeit des Trägers ist sicherlich nicht sehr verschieden von dem beim Thorium beobachteten. Die Ergebnisse werden bei Radium verwickelt durch eine Verteilung der vom Radium erregten Aktivität, welche immer an der positiven Elektrode in einem starken elektrischen Felde auftritt, sobald die Ausströmung vollständig von den Platten weggeblasen wird. Es sind Versuche im Gange, wenn möglich, die Ursache dieser Wirkung aufzufinden und sie aus den Experimenten auszuschalten.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit fand Zeleny[1]) die Geschwindigkeit des positiven

1) Phil. Trans. Roy. Soc. 1900.

Ions zu 1,36 cm/sec für ein Potentialgefälle von 1 Volt/cm bei atmosphärischem Druck und Zimmertemperatur. Es scheint, als ob die Geschwindigkeit des positiven Trägers der erregten Radioaktivität dieselbe oder wenigstens keine sehr verschiedene ist von derjenigen des positiven Ions, welches durch Röntgen- oder Becquerel-Strahlen erzeugt wird.

Bei den vorstehenden Versuchen haben wir die Übertragung der Radioaktivität in einem elektrischen Felde betrachtet. Dieselbe Entwickelung findet auch ihre Anwendung, wenn kein elektrisches Feld wirkt. In diesem Falle entsteht die erregte Radioaktivität an den Elektroden durch Diffusion des Trägers zu ihrer Oberfläche hin. Der Betrag von erregter Radioaktivität an einem gegebenen Körpersystem wird also von dem Betrage der radioaktiven Ausströmung in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft abhängen.

Überlegen wir, in welcher Weise der positive Träger zum Überführungsmittel der erregten Strahlung wird, so bieten sich zwei Erklärungen dar. Die erste ist die in einer früheren Mitteilung aufgestellte (l. c.), nämlich, dass das durch die Ausströmung erregte positive Ion die Fähigkeit hat, radioaktives Material der Ausströmung an seiner Oberfläche zu verdichten, ähnlich wie sich Wasserdampf in einem feuchten Gase an dem negativen Ion kondensiert. Jeder Träger würde so eine Spur von radioaktiver Substanz an die negative Elektrode tragen. Die andere Erklärung, die mir von Professor J. J. Thomson nahe gelegt wurde, ist die, dass die Moleküle der Ausströmung die Fähigkeit haben, negativ geladene „Korpuskeln“ oder Elektronen auszusenden, ähnlich wie das Radium im festen Zustande. Jedes Molekül, welches ein negatives Korpuskel ausgesandt hat, behält eine positive Ladung zurück und wird darum an die negative Elektrode übergeführt.

Beide Erklärungen würden genügen, um die Ablagerung radioaktiver Substanz irgend welcher Art an der negativen Elektrode anschaulich zu machen. Die Ansicht, dass erregte Radioaktivität durch eine strahlende Substanz verursacht wird, die sich an Körpern ablagert, ist bis zu einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit bestätigt. Ich brauche nur zwei der zwingendsten Thatsachen zur Bestätigung dieser Anschauung zu erwähnen. Bei der Untersuchung der vom Thorium erregten Aktivität habe ich gezeigt (l. c.), dass der Betrag der an Körpern erregten Radioaktivität von der chemischen Natur der Substanz völlig unabhängig ist. Derselbe Betrag wird auf Glimmer, Papier oder Metallen unter gleichen Bedingungen abgelagert. Ich habe auch gezeigt, dass die auf einem Metalle, z. B. Platin, erregte Radioaktivität teilweise in Säure gelöst werden kann, und in der Lösung zurückbleibt. Dampft man die Lösung trocken ein, so bleibt die Radioaktivität im Rückstand. Hieraus erhellt, dass die Radioaktivität von einem Niederschlag radioaktiver Substanz herrührt, welche ein bestimmt definiertes chemisches Verhalten zeigt. Dieser Ansicht steht es nicht im Wege, dass an einem stark radioaktiven Körper eine Gewichtsänderung nicht nachgewiesen werden kann; denn aller Wahrscheinlichkeit nach ist die Strahlungsfähigkeit dieser Substanz für ein gegebenes Gewicht ungeheuer viel grösser, als bei den aktivsten Proben von Radium, die man bisher hergestellt hat.

Was wir bisher wissen, genügt noch nicht, um endgültig zwischen den beiden Anschauungen zu entscheiden, die bestimmt sind, die Entstehungsweise des positiven Trägers zu erklären, der das Überführungsmittel ist.

Die von J. J. Thomson angeregte Elektronenthorie scheint die einfachste Erklärung der Erscheinungen zu sein; aber ehe man sie endgültig annimmt, sind noch gewisse Dissonanzen zwischen Theorie und Experiment aufzulösen. Ich habe (l. c.) gezeigt, dass bei Drucken von der Grössenordnung 1 mm Quecksilber die erregte Radioaktivität in einem elektrischen Felde nicht auf die negative Elektrode beschränkt ist, sondern sich über die ganze Wand des Gefässes verteilt. Nach der Elektronentheorie würde die Radioaktivität in einem starken elektrischen Felde bei allen Drucken völlig auf die Kathode beschränkt sein. Bei den erwähnten Versuchen war das elektrische Feld nicht sehr stark, und es ist möglich, dass der positive Träger eine hohe Anfangsgeschwindigkeit in dem Momente erhält, wo das Elektron von dem Molekül weggeschleudert wird. Wenn das Elektron eine Anfangsgeschwindigkeit von 10^{10} cm/sec hat, würde dies bestimmt der Fall sein. Trotzdem das elektrische Feld sehr gross ist, ist es so möglich, dass einige der positiven Träger eine genügend grosse Geschwindigkeit haben, um zu entrinnen und an die Anode zu gelangen. Gewisse Erscheinungen, die man beobachtet hat, unterstützen diese Auffassung.

Es sind jetzt Versuche im Gange, die Verteilung der Radioaktivität bei den tiefsten Drucken, die man erhalten kann, im starken elektrischen Felde zu untersuchen. Ich hoffe, dass diese Experimente in die vorgetragenen Anschauungen noch mehr Licht hineinbringen werden.

Mc Gill Universität. Montreal, 15. Dez. 1901.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

(Eingegangen am 22. Januar 1902.)

Das rotierende Magnetfeld, eine verallgemeinerte Methode seiner Erzeugung und das „Drehfeld im Raume".

Von J. J. Taudin Chabot.

Sind drei äquidistante Stellen der Wicklung des rotierenden Ankers einer Gleichstromdynamo mit Wechselpolinduktion im einfachen (sogenannten zweipoligen) Magnetfelde leitend verbunden mit drei ebenfalls äquidistanten Teilen der Wicklung eines ruhenden Pacinotti-Grammeschen Ringes, so resultiert hier ein diametrales, im Kreise wanderndes Magnetfeld, kurz „Drehfeld" genannt; seine Winkelgeschwindigkeit, ω_1, ist gleich der Winkelgeschwindigkeit, ω, des Dynamoankers: $\omega_1 = \omega$.

In üblicher Weise graphisch dargestellt, zeigen die drei Wechselströme, deren Zusammenwirken das Drehfeld erzeugt, bei gleichen Amplituden, nach dem Zeitintervall $\frac{2\pi}{3\omega}$ differierende Phasen (Abscissen) und eine stets o bleibende algebraische Summe ihrer Simultanwerte (Ordinaten).

Die Beziehung $\omega = \omega_1$ enthält eine Beschränkung, welche aber der geschilderten Generatoranordnung — die, ausser an Demonstrationsmodellen, in der Technik vorkommt beim „Konverter" und bei der „Doppeldynamo" — notwendig anhaftet. Es soll gezeigt werden, wie eine geringe Modifikation die Beschränkung aufhebt.

Nähere Betrachtung lehrt nämlich, dass die jeweils momentane Lage des Drehfeldes am ruhenden Ringe, dem „Drehfeldringe", allgemein bedingt wird, durch die Lage des Systems der drei äquidistanten Anschlussstellen an die Wicklung des rotierenden Ankers relativ zum „Schenkelfelde" des Generators. Variiert man demnach die Lage des Systems der Anschlussstellen relativ zum Felde und unabhängig von der Rotation des Ankers, so muss die Bewegung des Drehfeldes synchron dieser Variation erfolgen. Findet einmal dieselbe statt mit gleicher Winkelgeschwindigkeit wie die Drehung des Generatorankers, so besteht Synchronismus für die Bewegungen von Anker und Drehfeld, tritt mithin der mit $\omega = \omega_1$ charakterisierte Vorgang als Spezialfall in die Erscheinung.

Zur Verwirklichung eignet sich in einfachster Weise eine Anordnung, die an den „Kollektor" einer zweipoligen magnetelektrischen oder dynamoelektrischen Maschine — oder aber eines Gleichstrommotors, welcher sodann einen automatischen, wellenförmig kontinuierlich arbeitenden, verketteten Mehrfachstromwender darstellt, — neben die erforderlichen zwei „Bürsten" noch ein System von drei Bürsten im gemeinsamen Halter 120° auseinander liegend, anbringt. Der Dreibürstenhalter ist drehbar (dementsprechend führen die zugehörigen drei Leiterverbindungen über Schleifkontakte), seine Bewegung wird bewirkt entweder mit der Hand, oder durch die Ankerrotation selbst und zwar vermittelst einer für beliebige Übersetzungsverhältnisse einstellbare Vorrichtung. Im letzten Falle kann man, indem der Generator oder der automatische Stromwender anhaltend seine normale Geschwindigkeit behält, durch blosses Handhaben jener Vorrichtung, die sich unschwer noch als „Reversiersteuerung" durchbilden lässt, jeden, innerhalb der durch die jeweilige Konstruktion gegebenen Grenzen, möglichen Geschwindigkeitsgrad des Drehfeldes am ruhenden Drehfeldring erreichen, während dasselbe in voller, bezw. in von der Geschwindigkeit unabhängig veränderlichen Stärke fortbesteht.

Ausser zu Zwecken der Demonstration aller Erscheinungen des Drehfeldes — namentlich der Übersichtlichkeit wegen, mit welcher sie die Wirkung sowohl des synchronen wie des asynchronen „Drehstrommotors" darzulegen gestattet —, dürfte die Anordnung auch zu Laboratoriumsarbeiten, nicht nur über Drehfelderscheinungen, sondern überall dort wo in weiten Grenzen leicht regulierbare Geschwindigkeiten benötigt sind, sich bequem erweisen. Nach demselben Prinzip technisch brauchbare langsam laufende Elektromotoren kleinster Dimensionen, ohne Kollektor oder Schleifringe, zu konstruieren, kann wohl nur für besondere Fälle in Frage kommen, wobei stets zu bedenken bleibt, dass die als Generatrix funktionierende Maschine (mit dem rotierenden Dreibürstenhalter) grösser sein soll als der Konsumptor (der Apparat, welcher die elektrische Energie verbraucht, im Drehfelde mechanische abgebend), um das Eintreten einer mit der Rotation des Dreibürstensystems merklich schwankenden Belastung der Antriebsmaschine des Generators zu vermeiden.

Ferner bietet sich hier die Möglichkeit einer instruktiven Vorführung der Übertragung von Zeigerstellungen vermittelst Ströme sinusoidal schwankender Intensitäten mit unveränderlich äquidistanten (120°) Phasen, wozu der sodann „von Hand bethätigte" Dreibürstenhalter als „Sender", ein polarisierter Anker im Drehfeldring in Verbindung mit einem Zeiger als „Empfänger" funktioniert. (Die schon bekannte, den gleichen Zweck verfolgende Anordnung der Stromverteilung durch zwei diametrale Kontakte geführt neben einen kreisförmigen Widerstand, an welchen in Bogendistanzen von 120° die drei Leitungen angeschlossen sind, zeigt notwendig der hier beschriebenen gegenüber die Eigentümlichkeit, dass die Phasendifferenzen nicht konstant sind, sondern variabel, und zwar als Funktion des Winkels der veränderten

Orientierung, infolgedessen die Bewegung am Empfänger nicht streng synchron derjenigen am Sender stattfindet, sondern um einen mittleren Synchronismus pendelnd.

Dass schliesslich, wenn man zwei oder drei Drehfeldringe rechtwinklig gekreuzt kombiniert, das Drehfeld nach Baily[1]) und Ferraris[2]) aus einem Drehfeld in der Ebene sich erweitert zu einem „Drehfeld im Raume", welches bei entsprechender Senderanordnung in jede denkbare Raumlage — wie sie eine im Felde Cardanisch gelagerte Magnetnadel kennbar macht — gebracht werden kann, sei zur Vervollständigung hervorgehoben. Möglicherweise könnte auf diesem Wege ein Beitrag gewonnen werden zur Veranschaulichung gewisser kosmisch-magnetischer, erdmagnetischer, vielleicht auch molekular-mechanischer Verhältnisse und Vorgänge.

Ein Modell zum „Drehfeld im Raume" entsteht wie folgt: „Sender" und „Empfänger" sind gleich gestaltet, — eventuell nur jener grösser als dieser, — und zwar in der Weise, dass man um eine Kugel aus Holz (passend unterteilt zum späteren Herausnehmen) oder Gips (welcher nachträglich herausgemeisselt wird) in vorgedrehten Nuten, nach zwei oder drei sich rechtwinklig schneidenden grössten Kreisen einige Lagen Eisendraht aufwickelt, abwechselnd zu jedem Ring eine Lage. Das nach dem Herausnehmen der Kugel sich ergebende käfigartige Gebilde wird in seinen einzelnen Teilen, wie der Pacinotti-Grammesche Ring, mit isoliertem Kupferdraht bewickelt. Der „Sender" erhält sodann in diesem Kugelraum einen konzentrisch und Cardanisch gelagerten entsprechend kräftigen Elektromagnet, der „Empfänger" einen ebenso allseitig beweglichen (Cardanisch gelagerten oder in Flüssigkeit schwebenden) leichten Zeiger aus weichem Eisen, eventuell mit „Kurzschlusswicklung". Wird nun der Elektromagnet am Sender mit Einphasenwechselstrom erregt, so resultiert, bei passender Leiterverbindung (5 bis 6 Drähte) zwischen Sender und Empfänger, am Empfänger ein eben solches, einfaches (zweipoliges) Wechselfeld: der dortige Zeiger nimmt eine feste Lage ein und ändert diese nur mehr, wenn der mit Wechselstrom erregte Elektromagnet des Senders — etwa, indem man ihn mit der Hand bewegt — seine Orientierung im Raume verändert.

Degerloch (Wttbg.), 13. Januar 1902.

(Eingegangen 23. Januar 1902.)

1) Walter Baily, Phil. Mag. **46**, 286, 1879. (Veröffentlicht durch die Physical Society, nach dem Vortrag in der Sitzung vom 28. Juni 1879. Communicated by the Physical Society, having been read at the meeting on June 28.)

2) Galileo Ferraris, Atti d. R. Ac. d. Sc. d. Torino **23**, 360, 1888.

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

M. Möller (Braunschweig), Dreh- und Centralschwingung in Beziehung zu Magnetismus und Elektrizität.[1])

Maxwell führte die Fernwirkung elektrischer und magnetischer Kräfte auf einen Zwangszustand im Zwischenmittel zurück, die Wirkung des Magnetismus insbesondere auf Drehung der Teilchen. Der Vortragende weist nun auf den Unterschied einer Drehung um den Schwerpunkt (Rotation) und einer Drehung um einen anderen Punkt (Drehschwingung) hin. An einem Gestell mit Pendeln wurden Eigenschaften der Drehschwingung gezeigt und ist dargethan, dass sich Drehschwingungen leicht in die Ferne leiten lassen, nicht aber Rotationen von Teilchen. Sodann wurden an Konstruktions-Zeichnungen und Modellen die bei Ausbreitung von Drehschwingung im Raum sich ergebenden statischen und dynamischen Kraftwirkungen erläutert, welche sich einstellen müssen, wenn Drehschwingung von der Oberfläche eines Leiters, z. B. eines Rohres oder eines Drahtes, ausgeht. Anziehende und abstossende Kräfte folgen dann aus den Spannungsunterschieden des Zwischenmittels.

Ein Studium dieser Vorgänge setzt Untersuchungen über die Wirkung radial zu einem Centrum gerichteter Schwingungen voraus, welche der Vortragende Centralschwingungen nennt. Die von der Oberfläche des das Centrum bildenden Körpers ausgehenden Wellenberge wirken wie Kolben, welche Masse vor sich herschieben und allmählich durch Expansion ein Vakuum erzeugen, dessen Tiefe in Nähe der konvexen Oberfläche am grössten ist. Der statische Druck nimmt dann vom Centrum aus nach aussen zu. Alsdann verändern sich die vom Centrum ausgesandten Wellen, welchen radiale Schwingung zu Grunde liegt; sie verwandeln sich allmählich in stehende Wellen und senden dabei keine Energie mehr in den Raum hinein. Dieser ist für die Energie jener Bewegungsform radialer Schwingung dann gesättigt; er wirkt von nun an wie ein Isolator. Das ist eine Eigenschaft, welche diese stehenden

1) Abteilung 2, 25. September 1901.

Wellen radialer Schwingung mit statischer Elektrizität gemein haben.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 10. Oktober 1901.)

Leo Grunmach (Berlin), Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung flüssiger Luft. [1])

In einer früheren Abhandlung, welche der Berliner Akademie vorgelegt worden ist [2]), habe ich gezeigt, in welcher Weise man die Oberflächenspannung kondensierter Gase bei Anwendung der Kapillarwellenmethode bequem und sicher messen kann, und sie auch bereits für einige kondensierte Gase bestimmt. Inzwischen habe ich meine Untersuchungen auf andere kondensierte Gase ausgedehnt, insbesondere zahlreiche Messungen an flüssiger Luft ausgeführt, deren Mitteilung den Gegenstand des vorliegenden Aufsatzes bilden soll. [3])

Die Versuchsanordnung und Beobachtungsmethode war dieselbe wie bei meinen früheren Versuchen. [4]) Die flüssige Luft wurde unmittelbar vor dem Beginn der Messungen aus den zur Aufbewahrung dienenden doppelwandigen versilberten Dewarschen Sammelgefässen durch Filter in ebensolche halbkugelförmige Dewarsche Gefässe hineinfiltriert. Diese ruhten möglichst erschütterungsfrei auf einem Dreifusse, welcher durch einen in der Grundplatte des Stimmgabelstativs befindlichen kreisförmigen Ausschnitt hindurchragend, also unabhängig vom Stimmgabelstativ, fest aufgestellt war. Die Gefässe sind ebenso wie die Stimmgabelspitzen auf das sorgfältigste rein zu halten.

Da die flüssige Luft sich in ihrer chemischen Zusammensetzung bekanntlich mit der Zeit stark ändert und zwar bei offenem Stehen wegen des leichtern und schnellern Verdampfens des Stickstoffs immer sauerstoffreicher wird, so wurde, um einen etwaigen Einfluss des Sauerstoffgehalts auf die Oberflächenspannung festzustellen, mit flüssiger Luft von verschiedenem Sauerstoffgehalt gearbeitet und letzterer bei jeder Beobachtungsreihe auf gasanalytischem Wege bestimmt. Diese Bestimmungen geschahen nach einer von Herrn W. Hempel [1]) ausgebildeten Absorptionsmethode, welche auf der Thatsache beruht, dass eine rasche und vollständige Sauerstoffabsorption stattfindet, ohne dass nebenbei irgend welche andere Gasentwickelung erfolgt, wenn man das Sauerstoffgas mit metallischem Kupfer (in Form von Drahtbündeln oder kleinen Röllchen von Drahtnetz) und einer Lösung zusammenbringt, welche zu gleichen Teilen aus einer gesättigten Lösung von kohlensaurem Ammoniak und einer einfach verdünnten Ammoniaklösung vom spezifischen Gewicht 0,93 besteht. Eine kleine Probe der zu untersuchenden flüssigen Luft wurde mittels eines Löffelchens möglichst rasch unter eine in einem grossen Wasserbehälter befindliche mit Wasser gefüllte Glasglocke gebracht, wo sie natürlich sofort verdampfte. Nachdem sie die Temperatur der umgebenden Wassermasse angenommen, wurde mittels einer Winklerschen Gasbürette ein genau abgemessenes Volumen dieser Luft (am bequemsten 100 ccm) in die das Reagens enthaltende Absorptionspipette geleitet, wo sie etwa fünf Minuten verblieb. Nach dieser Zeit ist eine vollständige Absorption des Sauerstoffs erfolgt, und man bestimmt den Sauerstoffgehalt aus dem Volumen des übriggebliebenen in die Gasbürette zurückgeleiteten Stickstoffs. [2])

Bezüglich der Erregung der Kapillarwellen auf flüssiger Luft möchte ich besonders darauf aufmerksam machen, dass man, um stets sicher messbare Kapillarwellen zu erhalten, die Stimmgabelspitzen nicht tief, sondern nur eben in die Flüssigkeit eintauchen lassen und die Stimmgabel nur durch sanftes Anschlagen erregen darf; dann, aber auch nur dann, treten sie mit einer Schärfe und Konstanz auf, wie man sie schöner kaum bei reinem Quecksilber erhält. Bei tieferem Eintauchen dagegen treten, auch ohne besondere Erregung der Stimmgabel, merkwürdige Bewegungen der Flüssigkeitsoberfläche auf, welche die Ausbildung feststehender Interferenzwellen stören, so dass man letztere wohl durch eine photographische Momentaufnahme fixieren, aber nur sehr unsicher mit dem Mikrometermikroskop messend verfolgen kann.

Es sollen die Ergebnisse von acht Beobachtungsreihen, die mit flüssiger Luft von verschiedenem Sauerstoffgehalt angestellt worden sind, mitgeteilt werden. Während einer jeden Messungsreihe wurde eine Probe der jeweilig untersuchten flüssigen Luft entnommen und deren Sauerstoffgehalt gasanalytisch ermittelt.

---

1) Abteilung 2, 25. September 1901 (erschienen in den Berl. Ber. 25. Juli 1901, S. 914).

2) L. Grunmach, Berl. Berichte 1900, S. 829.

3) Diese Versuche sind von mir ausgeführt worden in der „Centralstelle für wissenschaftliche und technische Untersuchungen" zu Neubabelsberg. Ich benutze gern die Gelegenheit, dem ersten Direktor derselben, Herrn Prof. Dr. Will, für das gefällige Entgegenkommen, mit welchem er mir das Laboratorium dieses Instituts für meine Versuche zur Verfügung gestellt hat, auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

4) L. Grunmach, Berl. Berichte 1900, S. 832. Ferner: Verhandl. der Deutschen Physik. Gesellsch., I. Jahrg., 1, 17, 1899 Ann. d. Phys. 3, 660 f., 1900.

1) Walter Hempel, Gasanalytische Methoden, III. Aufl., S. 143, 1900.

2) Die Mehrzahl der Sauerstoffbestimmungen war Herr Dr. Helmuth von Öttingen so gefällig auszuführen. Ich spreche ihm sowie Herrn Dr. Knüpffer für die mir gewährte Unterstützung meinen besten Dank aus.

Vor und nach jeder Beobachtungsreihe der Wellenlängen wurde mit dem Mikrometermikroskop die Entfernung der Stimmgabelspitzen ausgemessen und diese andererseits mittels des Horizontalkomparators auf das genaueste zu 2,0402 cm bestimmt. Die Siedetemperatur der flüssigen Luft wurde mittels des der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gehörigen, von C. Richter in Berlin aus Jenaer Glas 59^{III} verfertigten Petroleumäther-Thermometers Nr. 39 gemessen und im Mittel $-190,3^0$ C. gefunden. Die Oberflächenspannung α berechnet sich aus der Gleichung

$$\alpha = \frac{n^2 \lambda^3 \sigma}{2\pi},$$

in welcher λ die Wellenlänge, σ die Dichte und n die Schwingungszahl bedeutet. Für die benutzte Stimmgabel P. T. R. II. 38 ist nach der von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführten Prüfung

$$n_t = 253,13 - 0,025\,(t - 19,1^0).$$

Dichtebestimmungen habe ich an drei Proben flüssiger Luft mittels der Mohrschen Wage ausgeführt und gefunden für

1. frisch hergestellte flüssige Luft vom Sauerstoffgehalt 49,9 Prozent, die Dichte 0,984,
2. für flüssige Luft, die einige Stunden offen gestanden, vom Sauerstoffgehalt 60,2 Prozent, die Dichte 1,015,
3. für flüssige Luft, durch die 1 Stunde lang Druckluft hindurchgejagt worden war, vom Sauerstoffgehalt 67,6 Prozent, die Dichte 1,042.[1])

Ich gehe nunmehr zur Mitteilung der Beobachtungen der einzelnen Versuchsreihen über: (siehe die Tabelle auf der nächsten Seite).

Der Barometerstand und die relative Feuchtigkeit waren im Mittel bei den Versuchsreihen

I—IV:	V—VI:
763,2 mm und 27 Proz.	763,5 mm und 31 Proz.

VII—VIII:
762,4 mm und 40 Proz.

Ordnet man die spezifischen Kohäsionen und die Oberflächenspannungen nach dem Sauerstoffgehalt der flüssigen Luft, so erhält man folgende Zusammenstellung:

Sauerstoffgehalt	Spezifische Kohäsion $a^2 = \frac{n^2\lambda^3}{\pi}$	Oberflächenspannung $\alpha = \frac{a^2}{2}\sigma$	Siedetemperatur im Mittel
49,9 %	23,60	11,61 dynen/cm	$-190,3^0$ C.
63,9	23,12	11,89 „	
65,3	23,30	12,05 „	
66,8	22,92	11,90 „	
67,6	22,86	11,91 „	
74,4	22,94	12,23 „	
76,45	23,30	12,51 „	
76,7	23,50	12,63 „	

Demgemäss scheint die spezifische Kohäsion der flüssigen Luft innerhalb der beobachteten Grenzen unabhängig von deren Sauerstoffgehalt zu sein und im Mittel den Wert 23,2 zu besitzen, welcher sich als Mittel aus den vorstehenden Werten ergiebt; naturgemäss muss dann die Oberflächenspannung der flüssigen Luft mit wachsendem Sauerstoffgehalt zunehmen, wie auch aus der Zusammenstellung ersichtlich ist.[1])

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 28. September 1901.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

Wachsmuth (Rostock). Wenn man die Spitze tiefer eintaucht, so kann man nicht klare Wellenbewegungen erwarten. Denn die im Innern der Flüssigkeit erregten Bewegungen pflanzen sich an die Oberfläche fort und stören dort die reinen Oberflächen-Erscheinungen.

v. Oettingen (Leipzig). Entsteht denn kein Kochen der Luft in dem Moment, wenn man die Spitze eintaucht?

Grunmach. Wenn man die Spitzen nur eben die Oberfläche der flüssigen Luft berühren lässt, dann tritt kein Kochen ein; wenn man sie aber tiefer eintaucht, dann sofort. Ferner ist darauf zu achten, dass die Spitzen, ebenso wie das Dewarsche Gefäss absolut rein sind. Wenn an einer Stelle des Dewarschen Gefässes auch nur ein Stäubchen sich befindet, so strömen von demselben unaufhörlich Blasen auf, welche die Beobachtung ausserordentlich stören. Bei anderen Flüssigkeiten, gewöhnlichen wie kondensierten (wenigstens den leichter kondensierbaren), können die Spitzen mehrere Millimeter tief eingetaucht werden, ohne dass die Kapillarwellen in ihrer Schärfe durch Strömungen aus dem Innern getrübt werden.

1) Diese Werte stimmen verhältnismässig gut überein mit Dichtebestimmungen der Herren A. Ladenburg und C. Krügel, (Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. **32**, I, 46, 1899), welche für

flüssige Luft vom Sauerstoffgehalt 53,83 % die Dichte 0,9951
„ „ „ „ 64,2 „ „ „ 1,029
„ „ „ „ 93,6 „ „ „ 1,112

gefunden haben. Für die sauerstoffreichere (mehr als 67,6 Prozent Sauerstoff enthaltende) flüssige Luft habe ich diese Zahlen in Verbindung mit den meinigen zur Berechnung der Dichte verwertet.

1) Während der Drucklegung dieses Aufsatzes finde ich in der Litteratur, dass Herr James Dewar aus Messungen kapillarer Steighöhen (Nature, **1653**, 243, 4. Juli 1901) für das Verhältnis der Oberflächenspannungen des Wassers und der flüssigen Luft den Wert 15,2 : 2 ermittelt, ferner, dass Herr Carl Forch (Physik. Zeitschr. 1, 177, 1900) als vorläufigen Wert der Oberflächenspannung flüssiger Luft von der Dichte 1,1 (ebenfalls nach Messungen kapillarer Steighöhen) 1,2 bis 1,3 mg/mm mitteilt.

Mittlere Temperatur der flüssigen Luft: — 190,3° C.

Nr. der Versuchsreihe	Sauerstoff in Prozenten der flüssigen Luft	Dichte σ der flüssigen Luft	Spitzenentferng. in Mikrometerpartes	Mittl. halbe Wellenl. $\frac{\lambda}{2}$ i. Mikrom.-partes	Mittlere Temp. t d. Stimmgabel in °C.	Schwingungszahl n_t der Stimmgabel bei d. Temperat. t	Spezifische Kohäsion d. flüssig. Luft $a^2 = \frac{n^2\lambda^3}{\pi}$	Oberfläch.-spannung d. flüssig. Luft $\alpha = \frac{a^2\sigma}{2}$	Bemerkungen über die Herstellung der flüssigen Luft
I.	63.9	1.028	1470.9	37.6	24	253.01	23.12	11.89	Die Luft war Tags vorher verflüssigt und in einer Dewarschen Flasche aufbewahrt worden.
II.	66.8	1.039	1467.45	37.4	23	253.03	22.92	11.90	Die Luft war Tags vorher verflüssigt und in einer Dewarschen Flasche aufbewahrt worden.
III.	74.4	1.066	1471.1	37.5	22	253.06	22.94	12.23	Die Luft war Tags vorher verflüssigt und in einer Dewarschen Flasche aufbewahrt worden.
IV.	76.7	1.075	1465.0	37.65	23.05	253.04	23.50	12.63	Die Luft war Tags vorher verflüssigt und in einer Dewarschen Flasche aufbewahrt worden.
V.	65.3	1.034	1463.5	37.5	20,8	253.09	23.30	12.05	Die Luft war 2 Tage vor den Beobachtungen verflüssigt und in einer Dewarschen Flasche mit engem Hals aufbewahrt worden.
VI.	76.45	1.074	1461.7	37.45	20,6	253.09	23.30	12.51	Wie vorher; nur wurde die flüssige Luft vor den Messungen in eine weite Porzellanschale gegossen und und blieb in derselben, um den Stickstoff schneller fortzuschaffen, etwa eine halbe Stunde offen stehen. Vor der Messung wurde sie natürlich, wie immer, filtriert.
VII.	49.9	0.984	1445.5	37.2	21.7	253.06	23.60	11.61	Die flüssige Luft war unmittelbar vor Beginn der Messungen hergestellt worden.
VIII.	67.6	1.042	1449.1	36.9	22.7	253.04	22.86	11.91	Die flüssige Luft war einige Stunden vor Beginn der Messungen hergestellt worden. Um sie schneller vom Stickstoff zu befreien, wurde Druckluft etwa eine Stunde lang durch die flüssige Luft hindurchgejagt.

O. Lummer (Charlottenburg), Ein Photometer zur Messung der Helligkeit benachbarter Teile einer Fläche (Interferenz-Photo- und Pyrometer). [1])

Bei allen mir bekannten Photometern und den auf photometrischen Prinzipien beruhenden Pyrometern liegt das photometrische Kriterium im Endlichen. Durch welche Hilfsmittel man auch die zu messende Strahlungsquelle zur Erleuchtung der Photometerfelder zwingt, ob durch Anwendung diffus reflektierender Flächen, Mattscheiben oder geeigneter Linsenkombinationen, stets befinden sich die Photometerfelder selbst in der deutlichen Sehweite bez. bei Benutzung einer Lupe innerhalb deren Brennweite.

1) Abteilung 2, 23. Septbr. 1901.

Abweichend hiervon verhält sich das neue Photometer, bei welchem das photometrische Kriterium theoretisch im Unendlichen, praktisch auf dem zu messenden Objekte gelegen ist. Infolge dieser Eigenschaft bietet das neue Instrument, wie wir sehen werden, die Möglichkeit, ohne Anwendung irgend welcher Linsen die Helligkeitsverteilung im Raume zu bestimmen und auch sehr nahe benachbarte Teile einer diffus leuchtenden Fläche in Bezug auf ihre Helligkeit, Intensität oder Temperatur miteinander zu vergleichen. Gleichzeitig gestattet das neue Prinzip die Messung der Temperatur kleiner, anvisierter, selbstleuchtender fester Körper, gleichtemperierter Hohlräume, von Hochöfen etc. zu bestimmen und zwar in

besonders einfacher Weise unter Benutzung einer Hefnerlampe, einer Petroleumlampe oder einer Benzinkerze als Vergleichslichtquelle.

Das photometrische Kriterium. Als photometrisches Kriterium werden die sogenannten Herschelschen Interferenzstreifen an der Grenze der totalen Reflexion verwendet, welche entstehen, wenn man zwei rechtwinklige Prismen mit ihren Hypotenusenflächen aufeinandergelegt und längs der totalreflektierten Strahlen nach einer diffus leuchtenden Fläche oder matten Scheibe blickt. Da diese Interferenzstreifen im durchgehenden und reflektierten Lichte zu einander komplementär sind, so müssen sie verschwinden, wenn die beiden diffusen Flächen von gleicher Helligkeit sind. Es stellt daher der mit Mattscheiben versehene Würfel eine der vielen, möglichen Formen eines „idealen" Fettfleckes dar, welche Brodhun[1]) und ich in unserer ersten grösseren photometrischen Arbeit anführen. Dort haben wir auch erwähnt, dass diese spezielle Würfelform von Fuchs[2]) schon im Jahre 1880 als photometrisches Prinzip vorgeschlagen worden ist, ohne irgend welche Beachtung gefunden zu haben. Durch zahlreiche Einstellungen überzeugten wir uns jedoch, dass dieses Interferenzprinzip zwar sehr empfindlich ist, an Empfindlichkeit aber hinter unserem Würfel, zumal unter Benutzung des Kontrastprinzipes, zurückbleibt und wegen des stetigen Ueberganges der Intensität von einem hellen zum dunkeln Streifen auch stets bleiben muss. Die geringere Genauigkeit dieses Interferenzwürfels wird aber reichlich aufgewogen durch die Vorteile, welche derselbe bei der neuen und eigenartigen Verwendung mit sich bringt.

Wie ich schon an anderer Stelle dargethan habe[3]), sind die sogenannten Herschelschen Streifen identisch mit den „Kurven gleicher Neigung" oder den Ringen, welche an einer planparallelen Platte auftreten, welche von parallelen Büscheln gebildet werden und somit im Unendlichen zu liegen scheinen. Um sie also in möglichster Vollkommenheit zu erhalten, muss man vor allem die Luftplatte zwischen den beiden Prismen möglichst planparallel gestalten und um sie in ihrer ganzen Schärfe zu beobachten, muss man auf Unendlich akkommodieren oder sich eines Fernrohres bedienen. Erst wenn die Luftschicht sehr dünn ist, wie bei zwei direkt aufeinander gelegten Prismen wird man von der Akkommodation unabhängig. Nur infolge dieses Umstandes hat Fuchs diese Streifen überhaupt sehen können, da er ausdrücklich vorschreibt, auf die nahe dem Würfel befindlichen matten Scheiben zu akkommodieren.

Wendet man aber eine planparallele Luftplatte an und bedient sich eines Fernrohres, dann kann man die matten Scheiben auch in beliebige Entfernung bringen oder sie ganz fortlassen und direkt nach der Lichtquelle blicken. Stets wird man die Interferenzringe wahrnehmen. Theoretisch liegen die Ringe zwar im Unendlichen, thatsächlich sieht man sie aber bei Beobachtung mit blossem Auge oder mit einem schwach vergrössernden Fernrohre auf allen Objekten liegen, die man durch den Würfel anvisiert.

Zwei weitere Vorzüge haften den Planparallelitätsringen in der Nähe der Totalreflexion an, welche sie gegenüber allen anderen Interferenzerscheinungen förmlich dazu prädestinieren, in den Dienst der Photometrie gestellt zu werden. Erstens besitzen diese Streifen infolge der Mitwirkung aller vielfach in der Luftplatte hin und her reflektierten Strahlen eine ausserordentliche Schärfe[1]), wie sie sonst nur den Beugungserscheinungen an Gittern eigen ist und zweitens sind sie an der Stelle der grössten Schärfe achromatisch.[2])

Anwendung des Photometers.

a) Messung von Lichtstärken. Dieser hier nur untergeordnete Zweck wird erreicht, wenn man, wie es schon Fuchs gethan hat, vor den Würfel im durchgehenden und im reflektierten Lichte matte Scheiben bringt. Man vergleicht dann die von der einen Lichtquelle am Orte der einen matten Scheibe hervorgebrachte Beleuchtungsstärke mit der von der andern Lichtquelle am Orte der andern matten Scheibe erzeugten Helligkeit. Wir wollen die Lampe im reflektierten Lichte als die Vergleichslichtquelle bezeichnen.

Als solche kann man entweder eine auf konstantem Strome gehaltene Glühlampe verwenden, deren Lichtstärke man in Hefnerkerzen kennt, oder man benutzt direkt die Hefnerlampe.

b) Vergleichung der Helligkeitsverteilung auf einer leuchtenden Fläche. Für diesen Zweck nimmt man die matte Scheibe im durchgehenden Lichte fort, so dass man durch den Würfel hindurch auf die zu messende Fläche blickt. Denken wir uns z. B. als Objekt die Flamme eines Gas-Breitbrenners; dann entsteht im Fernrohr ein diskontinuierliches Abbild der Flamme, weil sie da, wo die Minima liegen, überhaupt nicht sichtbar ist. Die Maxima aber sind von verschiedener Helligkeit,

1) O. Lummer u. E. Brodhun, Zeitschr. f. Instrumentenk. 9, 41—50, 1889.
2) Fr. Fuchs, Wied. Ann. 11, 465—473, 1880.
3) O. Lummer, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin S. 504—513, 1900.

1) Vgl. O. Lummer, „Eine neue Interferenzmethode zur Auflösung feinster Spektrallinien", Verhandl. d. Deutsch. Physik. Gesellsch. 3, 85—98, 1901. Vergl. auch diese Zeitschr. 3, 172, 1902.
2) Lord Rayleigh, Phil. Mag. (5) 28, 197, 1889.

falls die Gasflamme nicht an allen Stellen gleich intensiv leuchtet. Dies erkennt man sehr deutlich, wenn man die Vergleichs-Lichtquelle der matten Scheibe so weit nähert, bis die Minima auf dem Bilde der Gasflamme verschwunden sind. Dies Verschwinden ist nämlich nicht für alle Minima gleichzeitig zu bewirken, da die Gasflamme an den verschiedenen Stellen verschieden hell ist.

Statt der Gasflamme kann man jede beliebige helle Fläche im Raume anvisieren und so mit grosser Bequemlichkeit die Helligkeitsverteilung im Raume feststellen. Ja, man kann mit einem Blick oder vermittelst einer kleinen Drehung des Instrumentes direkt überschauen, wie die Helligkeit auf einer Lampenglocke, auf einer Wolke, längs eines glühenden Platinbleches etc. von Stelle zu Stelle wechselt. Die Streifen verschwinden vollkommen nur bei gleicher Färbung der zu vergleichenden Flächen.

Aber auch wenn man mehr oder weniger gefärbte Objekte, wie die Tische in einem Zimmer, die Dächer der Häuser, das Grün des Laubes, anblickt, kann man eine wenn auch nur ungenaue Einstellung bewirken. Nähere Versuche müssen freilich darthun, inwieweit solche Vergleichungen ungleich gefärbter Objekte von Wert sind.

c) Messung von Temperaturen. Schon früher hat man auf photometrischem Wege Temperaturen zu bestimmen versucht.[1]) Dazu stellte man sich eine Beziehung her zwischen der Temperatur eines Körpers und seiner photometrischen Energie für eine bestimmte Wellenlänge oder einen durch ein rotes Glas begrenzten Spektralbezirk, extrapolierte diese empirische Kurve, wenn nötig, und trug in dieselbe die an einem beliebigen, hocherhitzten Körper gemessene Helligkeit ein. Daraus ergab sich dann auch die unbekannte Temperatur dieses Körpers.

Einen Fortschritt bedeutete es, als H. Wanner[2]) zur Herstellung der Kurve den schwarzen Körper zu Grunde legte. Jedoch erwiesen sich seine aus Messungen an der Zirkonlampe gezogenen Schlüsse als unrichtig und die mit Hilfe der schwarzen Körperkurve bestimmten Temperaturen erhielten erst den genügenden Grad von Sicherheit, als den Kurven des schwarzen Körpers auch diejenigen des blanken Platins gegenübergestellt waren.[3])

1) Vgl. Le Chatelier und Boudouard „Températures élevées". Paris 1900. Diese Zeitschr. **1**, 226, 1900; **3**, 112, 1901.

2) H. Wanner, Ann. d. Phys. **2** 141—157, 1900. Vgl. auch F. Paschen u. H. Wanner, Sitzungsber. d. k. Akad. Wissensch. zu Berlin S. 5—11, 1899.

3) O. Lummer u. E. Pringsheim, „Die Temperaturbestimmung hoch erhitzter Körper (Glühlampe etc.) auf bolometrischem und photometrischem Wege", Verhandl. d. Deutsch. Physik. Gesellsch. **3**, Nr. 4, 36—46, 1901.

Diese Versuche von Pringsheim und mir zeigten, dass weissglühendes Platin für jede Wellenlänge zwar nur halb soviel photometrische Energie wie der schwarze Körper gleicher Temperatur aussendet, dass aber beide Energien einander schon gleich sind, falls Platin eine nur um etwa 100^0 höhere Temperatur besitzt.

Hieraus folgt erstens, dass die photometrische Temperaturbestimmung im wesentlichen von der Art des strahlenden Körpers unabhängig ist, falls er nur zu den undurchsichtigen Temperaturstrahlern gehört; zweitens aber geht daraus hervor, dass die Genauigkeit der photometrischen Einstellung eine sehr nebensächliche Rolle spielt. Ein Einstellungsfehler von 10 Proz. bewirkt in der Temperaturbestimmung erst einen Fehler von etwa 10^0 bei der Temperatur weissglühenden Platins.

Die Bedeutung der „schwarzen" Temperaturkurve wird noch beträchtlich erhöht, seitdem man infolge von Strahlungsmessungen im ultraroten Gebiet[1]) die allgemeine Spektralgleichung der schwarzen Strahlung kennt[2]), wenigstens soweit es für die vorliegenden Zwecke nötig ist. Danach kann man behaupten, dass die Kurve:

$$\log E = f(1/T),$$

wo E die Helligkeit und T die abs. Temperatur des schwarzen Körpers bedeutet, für jede Wellenlänge im sichtbaren Spektralgebiet bis gegen 5000^0 eine Gerade ist, wie es die Wiensche Spektralgleichung[3]) tälschlich für alle Temperaturen und auch für die langen Wellen verlangt, für welche diese logarithmische „Gerade" schon bei sehr niedrigen Temperaturen gekrümmt ist. Von 5000^0 an nimmt die Kurve $\log E = f(1/T)$ aber auch im sichtbaren Gebiete eine Krümmung an.

Die für eine sichtbare Wellenlänge bis zu den thermo-elektrisch messbaren Temperaturen von etwa 1600^0 C. empirisch gefundene gerade Linie:

$$\log E = f(1/T)$$

darf also ohne Bedenken bis zu 5000^0 einfach verlängert werden, so dass man aus ihr auch die allerhöchsten Temperaturen mit Hilfe einer einzigen photometrischen Einstellung erschliessen kann.

Erst infolge dieser verschiedenen wichtigen Ergebnisse war die sichere Basis gewonnen, auf der man zur Benutzung der spektralphoto-

1) Vgl. O. Lummer u. E. Pringsheim, Verhandl. d. Deutschen Physik. Gesellsch. **1**, 23—41 und 215—235, 1899; **2**, 163—180, 1900; **3**, 36—46, 1901. Ferner H. Rubens u. F. Kurlbaum, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 929—941, 1900; Ann. d. Phys. **4**, 649—666, 1901. Eine historische und kritische Darstellung der Strahlungsmessungen bis 1900 vgl. in O. Lummer, Le rayonnement des Corps noirs, Rapp. Intern. Congrès, Paris 1901.

2) M. Planck, Verhandl. d. Deutschen Physik. Gesellsch. **2**, 202—204, 1900.

3) W. Wien, Wied. Ann. **58**, 662—669, 1896.

metrischen Methode für die Temperaturbestimmung übergehen und zur Konstruktion genauer „optischer Pyrometer“ für sehr hohe Temperaturen schreiten konnte.

Ein sehr wesentlicher Teil bei einem optischen Pyrometer ist die Vergleichslichtquelle, da die gesamte Helligkeit sehr schnell mit der Temperatur ansteigt.[1]) Benutzt man als Vergleichslicht eine Glühlampe, so kann man sich zur Konstanthaltung ihrer Leuchtkraft entweder der Kompensationsmethode bedienen oder aber eines empfindlichen Ampèremeters, um direkt den elektrischen Heizstrom zu messen, wie es beim optischen Pyrometer von Holborn und Kurlbaum[2]) geschieht.

Besonders einfach gestaltet sich diese Frage in unserem Falle. Ja, die Eigenart des neuen Photometers, dass sein Kriterium nicht wie bei den bisherigen Photometern und Pyrometern im Endlichen liegt, sondern auf dem anvisierten Objekte, kommt erst zu ihrer vollen Geltung bei der Benutzung des Photometers als optisches Pyrometer, da bei ihm eine Hefnerlampe, Benzinflamme oder Petroleumlampe als Vergleichslichtquelle vollkommen ausreicht. Nimmt man nämlich ausser der matten Scheibe im durchgehenden Lichte auch noch die matte Scheibe im reflektierten Lichte fort, so blickt man vermittelst der gespiegelten Strahlen auch direkt in die Vergleichslichtquelle. Benutzt man als solche z. B. eine Hefnerlampe, so wird man selbst bei etwaiger Aenderung der Gesamthelligkeit dieser Flamme doch noch die gleichen Temperaturbestimmungen erhalten, wenn man auf das Verschwinden der Streifen im hellsten Teile der Hefnerkerze einstellt, da die Flächenhelligkeit gerade dieser Stelle nur unwesentlich von der Form, Grösse und Gestalt, d. h. der gesamten Leuchtkraft der Flamme abhängen dürfte. Dies gilt von jeder Flamme, da ihre Flächenhelligkeit von der Menge der in der Flamme suspendierten glühenden Kohlenstoffteilchen und der Temperatur abhängt, von denen erstere eine Funktion der Gestalt und Grösse der Flamme ist, während letztere durch die Verbrennungswärme des vergasten Kohlenwasserstoffes bedingt ist. In anderen Worten heisst das also, eine Kerze bleibt immer eine Kerze, ein Hefnerlicht ein Hefnerlicht und eine Amylacetatflamme eine Amylacetatflamme, insofern unabhängig von der Flammenhöhe die hellste Stelle stets nahezu dieselbe Temperatur, Farbe und Flächenhelligkeit haben wird. Bei Einhaltung der Vorschriften[1]) kann übrigens auch die gesamte Leuchtkraft der ganzen Hefnerflamme bis auf einige Prozente konstant gehalten werden. Um auf die hellste Stelle der Vergleichsflamme einstellen zu können, wird man natürlich das Bild der ganzen Flamme im Gesichtsfeld abbilden und zu diesem Zwecke die Lampe in die Brennebene einer Linse setzen.

Als Lichtschwächungsmittel kommen Rauchglasplatten und Nicolsche Prismen[2]) in Betracht, deren gegenseitige Stellung an einem Teilkreise ablesbar ist; ausserdem ist bei Anwendung von Mattscheiben auch die direkte Entfernungsänderung zu benutzen. Der vorgeführte, von Fr. Schmidt & Haensch in Berlin konstruierte Apparat ähnelt im Äusseren einem L. Weberschen Photometer. Das Visierrohr ist zugleich mit dem Würfel, mit dem zur Aufnahme der Rauchglasplatten bestimmten Behälter und der Nicolmessvorrichtung um die Achse des zweiten Rohres mit der Vergleichslichtquelle drehbar. In diesem bewegt sich eine kleine Glühlampe, deren Strom konstant gehalten und deren Entfernung von der matten Scheibe gemessen werden kann. Diese Mattscheibe kann ebenso wie diejenige im durchgehenden Lichte zurückgeschlagen werden. Ausserdem können vor die Mattscheibe geeignet gewählte Rauchglasplatten eingeschoben werden.

Statt des Rohres mit der Glühlampe kann man ein zweites Rohr benutzen, welches in geeignetem Behälter die Hefnerlampe trägt, eventuell auch eine kleine Petroleumlampe aufnehmen kann.

---

1) O. Lummer u. F. Kurlbaum, Verhandl. d. Deutsch. Phys. Ges. **2**, Nr. 8, 89—92, 1900 und Ann. d. Phys. **5**, 829 bis 856, 1901.

2) H. Holborn u. F. Kurlbaum, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin, S. 712—719, 1901.

1) Vgl. die Beglaubigung der Hefnerlampe durch die Physik.-Techn. Reichsanstalt; Schillings Journ. f. Gasbel. **34**, 489—492 u. 509—512, 1891; **36**, 341—346, 1893.

2) Anmerkung bei der Korrektur: Inzwischen angestellte Versuche haben ergeben, dass die Schärfe der Herschelschen Streifen wesentlich von der Art des auffallenden Lichtes abhängt. Licht, welches in der Einfallsebene polarisiert ist, giebt viel schärfere Streifen als senkrecht zur Einfallsebene polarisiertes Licht. Es bedarf daher erst noch einer genaueren Diskussion, ob die Messvorrichtung durch Nicolsche Prismen überhaupt anwendbar ist. Andererseits ist diese neue Thatsache von grosser Bedeutung bei meiner Interferenz-Methode zur Auflösung feinster Spektrallinien (Verhdlgn. d. Deutsch. Phys. Ges. **3**, 85—98, 1901), welche durch die Anwendung von in der Einfallsebene polarisierten Lichtes an Auflösungskraft gewonnen hat. (Vergl. O. Lummer und E. Gehrcke „Über den Bau der Quecksilberlinien“, Berl. Akad. Ber. 1902, p. 11—17).

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 12. November 1901.)

REFERATE.



R. Neuhauss, Direkte Farbenphotographie durch Körperfarben. Photographische Rundschau, Jahrgang 1902, S. 1—11.

Eine direkte Wiedergabe der natürlichen Farben durch photographische Verfahren ist bekanntlich auf zwei prinzipiell verschiedenen Wegen möglich: einmal durch die zuerst von Zenker diskutierte Wirkung stehender Lichtwellen auf gewisse lichtempfindliche Systeme, welche durch die klassischen Untersuchungen von Wiener nachgewiesen, sowie durch die glänzenden Versuche von Lippmann zur Wiedergabe der natürlichen Farben angewendet worden ist; zweitens durch das Verfahren der Farbenphotographie durch Körperfarben, dessen sich bereits Seebeck, Becquerel, Poitevin u. a., sowie auch Zenker bedienten, dessen Theorie aber erst in einer grundlegenden Arbeit Wieners entwickelt worden ist. Der Grundgedanke dieser Theorie ist folgender. Wird ein Gemisch verschiedener farbiger, lichtempfindlicher Stoffe mit farbigem Lichte beleuchtet, also beispielsweise unter einem bunten Transparentbild belichtet, so reflektiert unter roten Abschnitten des Transparentes der in der Mischung vorhandene rote Farbstoff das rote Licht und wird nicht verändert; die übrigen an derselben Stelle vorhandenen Farbstoffe absorbieren das rote Licht und werden ausgebleicht; es bleibt also nur die rote Farbe übrig; ganz entsprechend verläuft der Vorgang unter den anders gefärbten Abschnitten des Transparentes.

Auf Wieners Darlegungen und Versuchen fussend, haben Vallot, Worel u. a. an Stelle der bisher verwandten, durch Vorbelichtung gefärbten Subhaloide des Silbers Gemische lichtempfindlicher organischer Farbstoffe gesetzt. Die Anwendung derartiger Substanzen liess es möglich erscheinen, nach einem Vorschlag von N. Witt, die übrigbleibenden Farbstoffe vor späterer Zerstörung durch das Licht zu schützen, indem man dieselben durch geeignete Mittel auf der Unterlage fixierte und lichtbeständig machte; ebenso war bei der Verwendung ausbleichender Farbstoffe die Möglichkeit einer Wiedergabe von Weiss weit eher zu erwarten, als bei den Silbersubhaloiden.

Einen ausserordentlichen Fortschritt auf dem Gebiet der Farbenphotographie durch Körperfarben hat uns die jüngste Zeit gebracht. Dem durch zahlreiche wertvolle photographische Untersuchungen, besonders durch seine Arbeiten über Lippmanns Methode und durch den mikrophotographischen Nachweis der Zenkerschen Blättchen in Lippmannschen Photographien wohlbekannten Forscher R. Neuhauss ist es gelungen, die bisher sehr geringe Empfindlichkeit der Farbstoffgemische in hohem Grade zu steigern, sowie auch die Fixierung der zurückbleibenden Farben auf einfachem Wege zu erzielen. Neuhauss untersuchte zunächst 30 Farbstoffe auf ihre Lichtempfindlichkeit, indem verschiedenartige Papier- und Zeugproben, vornehmlich Filtrierpapier, mit wässeriger resp. alkoholischer Lösung der betreffenden Stoffe gefärbt und sodann dem weissen Lichte ausgesetzt wurden. Als besonders lichtempfindlich erwiesen sich: Chinolinrot, Erythrosin, Rose bengale, Phloxin, Eosin, Uranin, Thiazolgelb, Cyanin, Krystallviolett. Hierauf untersuchte Verf. das Verhalten von Farbstoffmischungen; die Ausbleichversuche wurden in der Weise vorgenommen, dass die in der Mischung gebadeten Papierstreifen nach dem Trocknen unter Transparenten, die durch Zusammenkitten von roten, gelben, grünen und blauen Glasstreifen gebildet waren, dem Sonnenlicht ausgesetzt wurden. Rot und Gelb kamen fast durchweg vorzüglich, dagegen war die Wiedergabe von Grün und Blau schlecht; doch gelang eine weit bessere Nachbildung dieser Farben, als Verf. Chlorophyll der Mischung zusetzte, oder noch besser, das Filtrierpapier vor dem Baden in der Anilinfarbenmischung mehrmals in alkoholischer Chlorophylllösung vorbadete und darauf trocknete. Empfehlenswerte Farbstoffgemische für das zweite Bad sind: Erythrosin + Uranin + Methylenblau; Rose bengale + Thiazolgelb + Methylenblau (oder Krystallviolett); Eosin + Uranin + Methylenblau. Diese und ähnliche Zusammenstellungen geben bei ein- bis dreistündiger Belichtung in direkter Sonne die Farben wieder.

Die Thatsache, dass das Bleichen der Farbstoffe ein Oxydationsvorgang ist, brachte Verf. auf den Gedanken, der Mischung oxydierende Substanzen zuzusetzen. Da sich ferner gezeigt hatte, dass das Ausbleichen gewisser Farbstoffe sehr schnell in Gelatine erfolgt, wurde Gelatine mit Wasserstoffsuperoxyd[1]) angesetzt und sodann die Farbstoffe in konzentrierter Lösung hinzugegeben. Als sehr geeignet erwies sich das Gemisch: Erythrosin (oder Eosin) + Uranin (oder Thiazolgelb) + Methylenblau + Chlorophyll. Die Mischung wird auf Milchglasplatten aufgetragen; die Trocknung muss bei gelinder Wärme innerhalb einer Stunde erfolgen. Um ein möglichst gutes Blau zu bekommen, über-

1) Nach D'Arcy (Philos. Mag. [6] 3. 42—52. 1902) wird Wasserstoffsuperoxyd im Licht schneller zersetzt, als unter sonst gleichen Bedingungen im Dunkeln. (Ref.)

zieht man die Platte mit Kollodium, welches das Methylenblau löst; man kann dieses auch direkt dem Kollodium zusetzen. Diese Platten zeigen nun eine Empfindlichkeit, welche derjenigen des Albuminpapiers gleichkommt. Nach 5 Minuten langem Belichten im direkten Sonnenlicht unter einem farbigen Transparent erhält man ausexponierte Farben. Kameraaufnahmen werden voraussichtlich bei hohem Sonnenstand unter Anwendung lichtstarker Objektive zwei bis drei Stunden erfordern. Werden die Platten längere Zeit aufbewahrt, so verlieren sie ihre Empfindlichkeit, erhalten dieselbe jedoch durch Baden in Wasserstoffsuperoxyd wieder.

Sehr merkwürdig ist die Thatsache, dass die Platte nur dann eine hohe Empfindlichkeit besitzt, wenn sie während der Belichtung mit Glas bedeckt ist; Verf. führt dies darauf zurück, dass der beim Belichten freiwerdende Sauerstoff durch die aufliegende Glasplatte in unmittelbarster Nähe der Bildschicht gehalten wird und hier beim Ausbleichen mitwirkt. Um die Bildung von Sauerstoffbläschen in der Schicht möglichst zu vermeiden, badet Verf. die Platten in Natriumsulfitlösung oder setzt diese der Mischung von vornherein zu.

Eine „halbe Fixierung" der Platte ist durch den Umstand, dass die Mischung vornehmlich nur unter einer aufliegenden Glasschicht empfindlich ist, gegeben; eine sehr viel vollständigere Fixierung lässt sich jedoch erreichen, wenn man das fertige Bild kurze Zeit in einer Kupfersalzlösung badet und darauf auswäscht. Allerdings wird durch diese Behandlung leicht eine Veränderung der Farben (Grünstich) herbeigeführt.

Verf. hofft, dass baldmöglichst zahlreiche Forscher die Arbeit fortsetzen mögen; er vermutet, dass bei der Prüfung anderer künstlicher und natürlicher Farbstoffe, sowie bei Anwendung anderer sensibilisierender Oxydationsmittel vielleicht Wege gefunden werden, die Empfindlichkeit der Präparate bis zur Verwendbarkeit zu kurzen Kameraaufnahmen zu steigern.

Nach Ansicht des Ref. erscheint es nicht ausgeschlossen, dass sich durch Vervollkommnung der Neuhaussschen Farbstoff-Gelatine kopierfähige farbige Photographien werden herstellen lassen. Karl Schaum.

(Eingegangen 24. Januar 1902.)

Tagesereignisse.

Mit Rücksicht auf die grosse Bedeutung der Technik wird vom nächsten Sommerhalbjahr ab auch an der Berliner Universität Unterricht in den technischen Wissenschaften erteilt werden, wie dies in Göttingen schon seit längerer Zeit geschieht und sich dort aufs beste bewährt hat. Es handelt sich dabei natürlich nicht um Unterricht für Techniker und Ingenieure, deren Ausbildung den technischen Hochschulen obliegt, sondern lediglich darum, den Studierenden aller Fakultäten, insbesondere den Naturwissenschaftlern, Mathematikern Physikern und Landwirten, namentlich aber den Juristen und künftigen Verwaltungsbeamten, die heute unerlässliche Kenntnis und das Verständnis der technischen Wissenschaften und ihrer Werke zu vermitteln. Damit hängt die kürzlich bereits mitgeteilte Ernennung des Geh. Regierungsrats Professor Slaby von der Technischen Hochschule in Charlottenburg zum ordentlichen Honorarprofessor an der Berliner Universität zusammen. Derselbe wird in jedem Sommerhalbjahr für die Universitätsstudierenden eine kurze Vorlesung über Elektrotechnik halten. Mit Rücksicht auf die dazu erforderlichen Geräte u. s. w. werden diese Vorlesungen in seinem Laboratorium an der Technischen Hochschule stattfinden. Ferner wird der jetzt zum ausserordentlichen Professor an der Berliner Universität ernannte Professor der Technischen Hochschule Eugen Meyer, der vordem in Göttingen Vorlesungen über Maschinenlehre und Übungen gehalten hat, über Einführung in die moderne Maschinentechnik (für Studierende aller Fakultäten und besonders für künftige Verwaltungsbeamte), sowie weiter über ausgewählte Abschnitte aus der technischen Physik (für Studierende der angewandten Mathematik und Physik) lesen. Endlich ist noch eine Vorlesung über Maschinenkunde mit Zeichenübungen für Chemiker in Aussicht genommen.

Auch die Universität Jena schliesst sich durch die unten mitgeteilten Neueinrichtungen der von Göttingen eingeleiteten Bewegung an. In Göttingen selbst ist es laut Fakultätsbeschluss von jetzt ab gestattet, als eines der drei bei der Doktorprüfung anzugebenden Fächer, angewandte Mathematik oder angewandte Physik zu wählen; nur muss gleichzeitig auch reine Mathematik bezw. Physik gewählt sein. Die erforderlichen Unterrichts- und Forschungseinrichtungen bestehen bekanntlich seit längerer Zeit in Göttingen und erfahren durch diesen Fakultätsbeschluss eine bedeutsame Festigung.

Für Zwecke der Universität Jena hat die Karl Zeiss-Stiftung wieder reichliche Aufwendungen gemacht. So wird aus den Mitteln dieser Stiftung eine Professur für chemische Technologie errichtet. Diese Anstalt wird in dem jetzigen physikalischen Institute, nach dessen Übersiedlung in das neue Gebäude am Landgrafen, Unterkunft finden. Endlich wird die Karl Zeiss-Stiftung für Zwecke der neuerrichteten Professur für angewandte Mathematik, deren Inhaber seit 1. Januar d. J. Ingenieur Adolf Rau aus Nürnberg ist, ein neues Gebäude errichten. Für die innere Einrichtung der neuen technischen Institute hat Dr. Schott, Leiter der Glashütte Dr. Schott und Genossen, 50000 M. zur Verfügung gestellt.

Im neuen Kultusetat der Universität Breslau ist die Errichtung eines Extraordinariats für Mathematik vorgesehen.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Der ausserordentliche Professor für Chemie an der Münchener Universität J. Thiele wurde zum ordentlichen Professor in Strassburg an Stelle Fittigs, der Privatdozent der Physik an der Universität Innsbruck Hammerl zum ausserordentlichen Professor ernannt.

In Leipzig hat sich Dr. M. Henge für Chemie habilitiert.

In Christiania ist am 14. Januar der Professor Cato Maximilian Guldberg im Alter von 66 Jahren gestorben.

Die von uns in Heft 8 gebrachte, auch durch die Tagespresse verbreitete Notiz von der Berufung eines Privatdozenten Faguart als ausserordentlichen Professor für Mathematik an die Universität Genf ist nach einer offiziellen Genfer Mitteilung unzutreffend. Danach ist eine derartige Berufung überhaupt nicht erfolgt, ausserdem der Name Faguart in den dortigen Hochschulkreisen unbekannt.

Berichtigungen.

Der Aufsatz in No. 9 von R. R. Ramsey ist nicht von H. Karsleys, sondern von H. Karstens übersetzt. (Vgl. 3, 182, 1902.) In dem Aufsatze von N. Zuntz 3, 184, 1902, ist aus Versehen die Fussnote 4 verdruckt. Sie soll heissen: Magnus Blix, Studien über Muskelwärme. Skandin. Arch. f. Physiol. Bd. 12, 1901, S. 52.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 11. 1. März 1902. Redaktionsschluss für No. 12 am 5. März 1902. 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Erregte Radioaktivität und in der Atmosphäre hervorgerufene Ionisation.

Von E. Rutherford und S. I. Allen.[1])

Die Versuche von Elster und Geitel[2]) und C. T. R. Wilson[3]) haben endgültig gezeigt, dass ein gut isolierter, geladener Leiter innerhalb eines geschlossenen Gefässes allmählich seine Ladung verliert, und dass dieser Ladungsverlust von einer geringen, von selbst auftretenden Ionisation des Gasvolumens im Innern des Gefässes herrührt. Wilson berechnete aus diesen Versuchen, dass ungefähr 19 Ionen in der Sekunde auf den cm^3 des Gases erzeugt werden.

Ganz kürzlich haben Elster und Geitel gezeigt[4]), dass ein negativ geladener Leiter in offener Luft zeitweilige Radioaktivität erhält. Diese Radioaktivität entweicht innerhalb weniger Stunden und ist ganz ähnlich der erregten Radioaktivität, die unter der Wirkung von Thorium und Radium in Substanzen auftritt. Sie kann in derselben Weise, wie das der eine von uns[5]) für die von Thorium erregte Radioaktivität gezeigt hat, durch Auflösung in Säuren teilweise entfernt werden. Dampft man die Lösung ein, so wird die Aktivität auf die Wände des Gefässes übertragen.

Bei den Versuchen von Elster und Geitel und Wilson wurde der Betrag der Ionisation der atmosphärischen Luft bestimmt durch Beobachtung der Zeit, innerhalb deren die Blättchen eines Elektroskopes besonderer Art zusammenfielen. Diese Bestimmungsmethode ist im allgemeinen langsam und gestattet in manchen Fällen nicht, die Versuchsbedingung genügend zu variieren.

Bei den vorliegenden Versuchen benutzten die Verfasser ein empfindliches Quadrantenelektrometer zur Untersuchung der Ionisation der Luft und der durch Luft hervorgerufenen erregten Radioaktivität.

Das verwendete Elektrometer ist eine Abänderung des von Dolezalek beschriebenen Instrumentes (Verh. d. D. Physik. Ges. 3, 18—72, 1901). Es ist von dem gewöhnlichen Quadrantentypus mit einer leichten Nadel von Silberpapier, die an einem feinen Quarzfaden aufgehängt ist. Der Apparat, wie er von der Firma Georg Bartels in Göttingen konstruiert wird, ist für die Bestimmung kleiner Potentialdifferenzen bei elektrochemischen Arbeiten bestimmt. Für unsere Zwecke war es notwendig, die Isolation und Verbindungsweise der Quadranten vollständig zu verändern. Bei unseren Versuchen wurde die Nadel alle zwei Tage durch leichtes Berühren mit einem an eine Batterie von 200 Volt angeschlossenen dünnen Draht geladen. Es fand sich, dass die Nadel nicht mehr als 10% ihrer Ladung in 24 Stunden verlor. Die Dämpfung der Nadel war infolge ihrer Leichtigkeit sehr gross und es war kein weiterer Dämpfungsflügel nötig. Die Ablenkung wurde mit Spiegel und Skala bei einem Abstande von 2 m abgelesen. Der Nullpunkt blieb sehr konstant, und die Ablesungen konnten, wenn nötig, auf $^1/_{10}$ mm genau gemacht werden. Für die erste Aufhängung, die verwendet wurde, gab das Elektrometer einen Ausschlag von 2000 mm der Skala bei einem Volt Potentialdifferenz zwischen den

1) Vor der amerikanischen Physikalischen Gesellschaft vorgetragen am 27. Dez. 1901.
2) Diese Zeitschrift 2, 590, 1901.
3) Proc. Roy. Soc. 1901.
4) Diese Zeitschrift 3, 76, 1901.
5) Phil. Mag. Febr. 1900.

Quadranten und einer Ladung der Nadel auf 200 Volt. Diese Aufhängung wurde zufällig im Laufe der Untersuchungen zerbrochen, und der neue Quarzfaden gab nur mehr etwa ein Viertel dieses Ausschlages für dieselbe Spannung. In Anbetracht des kleinen Betrages der Entladung, der durch die freiwillige Ionisation der Luft eintritt, ist es sehr wesentlich, dass jede Vorsicht getroffen wurde, um vor äusseren elektrostatischen Störungen sicher zu sein. Das Elektrometer und alle Zuführungsdrähte wurden in Metallcylinder eingeschlossen, die zur Erde abgeleitet waren. Der Boden und das Holzwerk in der Nachbarschaft des Prüfungsapparates wurden mit Metall bedeckt und an Erde gelegt, die Schaltung der Quadranten wurde mit Hilfe eines besonderen Quecksilberschlüssels bewirkt, der aus der Entfernung mittels eines Bindfadens bethätigt wurde.

Die isolierenden Substanzen, die bei der Anordnung notwendig waren, wurden mit Hilfe von Flammen vollständig entelektrisiert.

Ionisation der atmosphärischen Luft.

Vorversuche zeigten, dass der mit dem Elektrometer zwischen Cylindern beobachtete Strom nur von dem Volumen des zwischen den beiden Cylindern eingeschlossenen Gases und nicht von der Natur der Elektroden abhing.

Folgende Versuchsanordnung wurde getroffen, um die Zahl der im cm³ Luft pro Sekunde erzeugten Ionen und die Änderung des Ionisationsstromes mit der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden zu bestimmen.

Der Ionisationsstrom wurde zwischen zwei konzentrischen Zinkcylindern von 124 cm Länge, 25,5 und 7,5 cm Durchmesser beobachtet. Die Cylinder waren senkrecht aufgestellt, und ihr Boden war geschlossen. Der weite Cylinder war oben durch eine Zinkplatte geschlossen, in deren Mitte eine Kreisöffnung von etwas grösserem Durchmesser angebracht war, als dem inneren Cylinder entsprach. Ein oben an dem inneren Cylinder ringsum befestigter Verschlussring grenzte an einen Ebonitring. Zwischen dem Ebonit und der Zinkplatte befand sich ein dünner Metallring, der an Erde gelegt war, und dieser stiess an einen Ring aus einem Halbleiter, wie Pappe. Der dünne, an Erde gelegte Metallring diente als Schutz, so dass bei keiner noch so hohen Potentialdifferenz zwischen den Cylindern ein Strom über den Isolator zum inneren Cylinder fliessen konnte. Der innere Cylinder war in der bekannten Weise mit dem Elektrometer verbunden. Der äussere Cylinder war an den einen Pol einer Batterie angeschlossen, der andere Pol derselben lag an Erde.

Die Elektrometernadel zeigte bald eine von dem Ionisationsstrome zwischen den Elektroden herrührende lebhafte Bewegung, bei einer Potentialdifferenz von wenigen Volt zwischen den Cylindern.

Der Cylinder wurde ziemlich luftdicht gemacht und ohne Störung stehen gelassen. Über einen Zeitraum von mehr als einem Monat wurden Beobachtungen des Ionisationsstromes zwischen den Cylindern gemacht. Um Korrektionen wegen der Empfindlichkeitsänderung des Elektrometers zu vermeiden, wurde zu gleicher Zeit der Ionisationsstrom zwischen zwei isolierten parallelen Platten gemessen, der von einer Einheitsprobe Uraniumoxyds erzeugt wurde.

Die Kurven der Fig. 1 zeigen die Beziehung zwischen dem Strome im Gase und der verwendeten Spannung. Kurve I wurde aufgenom-

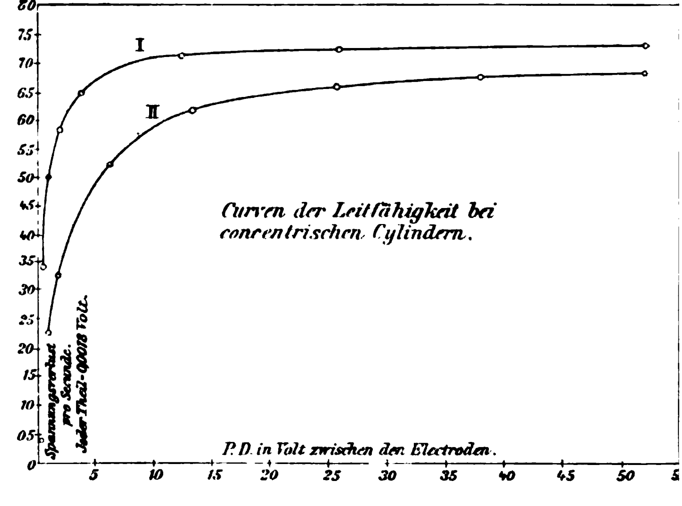


Fig. 1.

men, nachdem das Gas einen Monat lang ohne Störung in dem Cylinder gewesen war, Kurve II einige Stunden, nachdem gewöhnliche Zimmerluft in den Apparat eingeführt war. Der Strom ist für 50 Volt in beiden Fällen fast derselbe; die allgemeine Gestalt der Ionisationskurven ist derjenigen sehr ähnlich, die man bei Ionisation der Luft durch Röntgen- und Becquerelstrahlen beobachtet hat. Mit Rücksicht auf den sehr kleinen Betrag der Ionisation in dem Gase und der infolgedessen langsamen Wiedervereinigung wird der maximale Strom bei einer sehr niedrigen Spannung erreicht. Der Unterschied in Kurve I und II rührt wahrscheinlich von der Anwesenheit von Staubteilchen im letzteren Falle her. Einige der Ionen geben bei ihrer langsamen Wanderung zwischen den Elektroden ihre Ladungen an die Staubwolken ab, und dadurch wächst offenbar die Schnelligkeit der Wiedervereinigung der Ionen in dem Luftvolumen. Es muss beachtet werden, dass

in Kurve I der maximale Strom nahe bei einer Potentialdifferenz von 5 Volt erreicht wird. Die Kapazität des Elektrometers, des Cylinders und der Isolatoren war 150 E. S.-Einheiten, während 1 mm Teilstrich am Elektrometer 0,00182 Volt entsprach. Der Durchnittswert der Elektrometerablenkung während der länger als einen Monat dauernden Beobachtungen war 100 Teile in 132 Sekunden, bei 50 Volt zwischen den Cylindern.

Der Ionisationsstrom zwischen den Cylindern war so $6{,}9 \cdot 10^{-4}$ E. S.-Einheiten oder $2{,}3 \cdot 10^{-13}$ Ampère.

Das Volumen zwischen den Cylindern war 71200 cm^3. Nimmt man den Wert von $6{,}5 \cdot 10^{-10}$ E. S.-Einheiten als die Ladung auf einem Ion[1]), so ist die Zahl der im cm^3 pro Sekunde erzeugten Ionen 15.

Dieser Wert ist nicht sehr verschieden von der Zahl 19, die von Wilson mit Hilfe der elektroskopischen Methode gefunden wurde.

Ein Unterschied in dem Ionisationsstrome zwischen den Cylindern wurde innerhalb eines Zeitraumes von mehr als einem Monat nicht beobachtet.

Die Erzeugung von Radioaktivität in der Luft legte die Anschauung nahe, dass möglicherweise eine radioaktive Ausströmung in der Luft vorhanden war. Wenn das so ist, so nimmt deren Strahlungsfähigkeit sehr viel langsamer ab, als die vom Radium herrührende Ausströmung.

Um zu prüfen, ob zeitweilige Ionisation ausser in Luft auch in anderen Gasen erregt würde, wurde der grosse Cylinder durch Verdrängung der Luft mit Kohlensäure gefüllt. Die Kohlensäure wurde aus einer Bombe mit käuflicher flüssiger Kohlensäure entnommen. Die Ionisation war zuerst grösser als die in Luft, aber nach einigen Stunden ging sie allmählich auf einen von dem bei Luft gefundenen nicht sehr verschiedenen Wert herab. Dieses Resultat scheint zu zeigen, dass in Kohlensäure eine zeitweilige Ionisation von etwa derselben Grössenordnung auftritt, wie in Luft. Nach der Natur dieser Experimente indessen musste ein kleiner Bruchteil sowohl von Luft wie von anderen Verunreinigungen zugegen sein, und es ist möglich, dass eine solche Beimengung das Resultat stark beeinflusst.

Erzeugung von erregter Radioaktivität.

Wie Elster und Geitel zuerst hervorgehoben haben, ist die Erscheinung der von Luft erregten Radioaktivität derjenigen sehr ähnlich, die von Thorium und Radium hervorgerufen wird. Die Radioaktivität wird in einem starken elektrischen Felde in beiden Fällen allein an der Kathode erzeugt. Noch nie ist Radioaktivität an einem positiv geladenen und der Luft ausgesetzten Drahte beobachtet worden. Eine besondere Reihe von Versuchen wurde gemacht, um die zeitliche Abnahme der erregten Radioaktivität zu ermitteln, die an einer negativ geladenen Oberfläche entsteht.

Bei einem Versuche wurde eine isolierte, 8 Fuss lange Messingstange, die ausserhalb des Fensters angebracht war, mit Hilfe einer grossen Reibungselektrisiermaschine auf einen Potential von ungefähr 100000 Volt gehalten. Nach einer Exposition von einer Stunde wurde der Stab weggenommen, innerhalb eines Prüfcylinders aufgestellt, und die durch die erregte Radioaktivität hervorgerufene Ionisierung zwischen den Cylindern in regelmässigen Zeiträumen gemessen. Wenn der Stab positiv geladen war, würde keine erregte Radioaktivität erzeugt.

Bei einem andern Versuche wurde ein langer Kupfer- oder Bleidraht in dem grossen Dachgeschoss des Laboratoriums aufgehängt, wo keine Gelegenheit war, dass sich die Luft durch die in dem Laboratorium verwendeten radioaktiven Substanzen verunreinigte. Der Draht wurde einige Stunden mit einer durch einen Motor getriebenen Wimshurstmaschine auf einen Potential von 20000 bis 30000 Volt gehalten. Der Draht wurde dann vollständig auf ein eisernes Gestell aufgewickelt und in einen Prüfcylinder gebracht. Die Abnahme der Radioaktivität in der Zeiteinheit fand sich unabhängig von dem Material des Drahtes oder Stabes, und, innerhalb der Versuchsgrenzen, nicht sehr von der Spannung und der Expositionszeit des Drahtes beeinflusst. Der Grad der erregten Radioaktivität wächst bei einem gegebenen Drahte zuerst regelmässig mit der Zeit, aber nach einigen Stunden sehr viel langsamer.

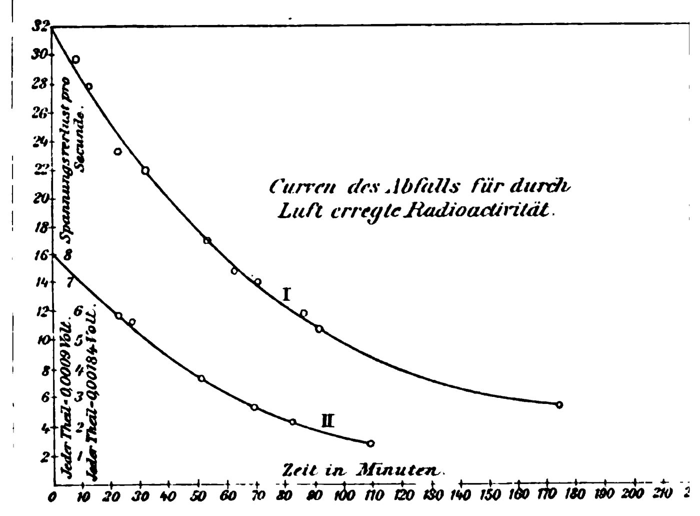


Fig. 2.

1) J. J. Thomson, Phil. Mag. Decbr. 1898.

In den Kurven der Figur 2 ist die Abnahme der Strahlungsfähigkeit mit der Zeit dargestellt. Die Ordinaten bedeuten Teile der Elektrometerskala, die in der Sekunde vorüberwandern, Kurve I gilt für einen Kupferdraht vom Durchmesser 0,01 cm, 20 m lang und 2 Stunden einer Potentialdifferenz von —29000 Volt ausgesetzt. Um den Draht zu prüfen, wurde er auf ein Eisengestell von 121 cm Länge aufgewickelt und in einen Cylinder von Eisengaze gebracht. Die Potentialdifferenz zwischen den Cylindern war 50 Volt. Die natürliche Zerstreuung, die von der zeitweiligen Ionisation der Luft herrührte, war 2,5 Teile in der Sekunde. Nachdem die Korrektur für die natürliche Zerstreuung angebracht ist, ergiebt sich, dass der Ionisationsstrom (welcher ein Mass für die Intensität der Strahlung ist), in 52 Minuten auf die Hälfte seines Wertes sinkt. Kurve II gilt für einen Bleidraht von 10 m Länge und 0,125 Durchmesser, der 190 Minuten auf —30000 Volt gehalten wurde. Der Draht wurde in Form einer flachen Schneckenlinie gewunden, und der zwischen zwei Metallplatten hervorgerufene Ionisationsstrom gemessen.

Die natürliche Zerstreuung des Apparates in diesem Falle war 0,14 Sk. Teile in der Sekunde. Hier fällt die erregte Radioaktivität in ungefähr 45 Minuten auf ihren halben Wert.

Diese beiden Beobachtungen liegen um zwei Monate auseinander und wurden unter sehr verschiedenen atmosphärischen Bedingungen angestellt.

Der Abfall in der Zeiteinheit der durch Luft erregten Radioaktivität ist sehr viel schneller als der durch Thorium, welche innerhalb 11 Stunden auf die Hälfte ihres Wertes sinkt. Endgültige Vergleichungen mit der durch Radium erregten Radioaktivität konnten nicht gemacht werden, da deren Abfall unregelmässig ist und von der Besonderheit des gerade verwendeten Radiums abhängt.

Durchdringungsfähigkeit der erregten Strahlung.

Frühere Versuche hatten gezeigt, dass die Durchdringungsfähigkeit der von Thorium und Radium erregten Strahlungen gleich war. Es war von Interesse, die von Luft erregte Strahlung damit zu vergleichen.

Bei diesen Versuchen wurden Bleidrähte angewendet, um sie leicht in die Form von flachen Schneckenlinien bringen zu können. Der Draht wurde durch eine Exposition von zwei bis drei Stunden bei —30000 Volt erregt. Er wurde dann in die Form von flachen Schneckenlinien gewunden und in einen Apparat aus parallelen Platten gebracht. Der Ionisationsstrom zwischen diesen Platten wurde beobachtet, indem verschiedene Lagen dünner Aluminiumfolie aufgelegt wurden. Die durchschnittliche Dicke der Folie war 0,00034 cm.

Die Resultate sieht man in Kurve I der Figur 3, wo die Durchdringungsfähigkeit anderer

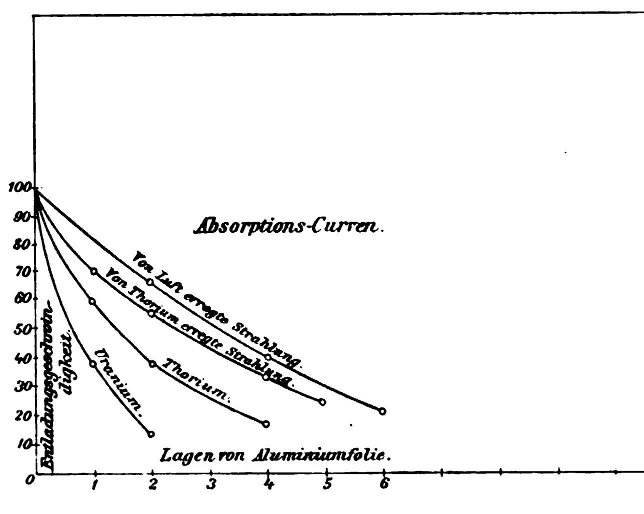


Fig. 3.

bekannter Formen von Strahlung zum Vergleich beigefügt ist. Der Ladungsverlust in der Zeiteinheit ist für die unbedeckte radioaktive Oberfläche in jedem Falle mit 100 angenommen.

Die durch Luft erregte Strahlung hat ein grösseres Durchdringungsvermögen wie jede andere Form der Strahlungen, die nicht in einem magnetischen Felde abgelenkt werden, also der von den radioaktiven Substanzen Uranium, Thorium, Natrium und Radium ausgehenden; ebenso ist sie durchdringender als die von Radium und Thorium erregte Strahlung.

Es sind jetzt Versuche im Gange, um die Änderung der auf 1 cm³ Luft entfallenden Ionenanzahl zu verschiedenen Zeiten zu bestimmen. Hierzu wird die Luft von ausserhalb des Gebäudes her mit Hilfe eines Ventilators durch einen 30 cm weiten Metallcylinder geleitet. Die Luft passiert bei ihrem Laufe zwei parallele im Abstand von 2 cm isoliert angebrachte Drahtmarken. Der Draht nächst dem Ende ist mit dem Elektrometer, der andere mit einer grossen Batterie verbunden.

Für einen bestimmten Luftstrom wächst der am Elektrometer beobachtete Strom mit der Spannung, bis ein Punkt erreicht ist, bei dem eine Zunahme der Spannung keine Stromzunahme mehr bewirkt. Wenn die zweite Marke positiv geladen ist, so wandern die positiven Ionen dem Luftstrom entgegen. Wenn die Ionengeschwindigkeit in dem elektrischen Felde wesentlich grösser ist, als die des Luftstromes, so erreichen alle positiven Ionen die erste Marke und der Elektrometerstrom ist ein Maximum.

Aus derartigen Beobachtungen, bei denen die Geschwindigkeit des Luftstromes zwischen 100 und 250 cm/sec verändert wurde, ergab sich die Geschwindigkeit des positiven Ions zu ungefähr 1,5 cm/sec für 1 Volt/cm Potentialgefälle. Das ist nicht sehr verschieden von dem von Zeleny[1]) gefundenen Werte 1,36, der sich auf Ionen bezieht, die durch Röntgenstrahlen in Luft von atmosphärischem Drucke und Zimmertemperatur erregt werden.

Wegen der fortdauernden Änderungen der Leitfähigkeit der bei diesen Versuchen durch den Cylinder gesaugten Luft konnten wir bisher die Geschwindigkeit des negativen Ions noch nicht mit Genauigkeit bestimmen. Die Ergebnisse zeigen indes jedenfalls soviel, dass diese Geschwindigkeit wesentlich grösser ist, wie diejenige des positiven Ions. Wenn man den maximalen Ladungsverlust zwischen den Marken für einen bestimmten Luftstrom bestimmt hat, kann man daraus die Zahl von positiven und negativen Ionen ermitteln, die in der durch den Cylinder geführten Luft vorhanden sind. Die Versuche sind schon im Gange, und die allgemeinen Ergebnisse zeigen, dass diese Zahl sich beständig ändert, von Stunde zu Stunde, von Tag zu Tag. Klare sonnige Tage haben ziemlich die höchsten Werte ergeben, während Tage mit Schneefall tiefe Werte liefern.

Bei den meisten dieser Versuche, die wir während des trockenen kanadischen Winters machten, wechselte die Aussentemperatur zwischen —3 und —18° C.

Diskussion der Ergebnisse.

Bei diesem Stande unserer Kenntnis über die Radioaktivität dürfte es nicht überflüssig erscheinen, einige Vorstellungen über die mögliche Ursache der zeitweiligen Ionisation der Luft und die von Luft erregte Radioaktivität zu entwickeln.

In der vorhergehenden Nummer dieser Zeitschrift[2]) hat der eine von uns nachgewiesen, dass die von Thorium- und Radiumverbindungen erregte Radioaktivität direkt von der radioaktiven Ausströmung herrührt, die von diesen Substanzen ausgeht. Es wurde gezeigt, dass die erregte Radioaktivität von der Ablagerung einer strahlenden Substanz an der negativen Elektrode herrührt, vermittelt durch positive „Träger", welche in einem elektrischen Felde mit Geschwindigkeiten wandern, die von derjenigen des positiven, durch Röntgen- und Becquerelstrahlen in Luft erregten Ions sehr wenig verschieden sind.

Wenn kein elektrisches Feld vorhanden ist, so werden diese radioaktiven Träger durch Diffusion auf alle Körper in ihrer Nachbarschaft zerstreut. In einem starken elektrischen Felde werden sie alle zur Kathode getrieben, auf die dann die erregte Radioaktivität beschränkt ist.

Zwei mögliche Erklärungen der Entstehungsweise dieser positiven Strahlungsträger wurden vorgebracht, entweder

1. dass die radioaktive Substanz der Ausströmung auf dem positiven Ion verdichtet wird, welches von der Ausströmung durch Strahlung erzeugt wird (ähnlich, wie sich Wasserdampf in einem ionisierten Gase auf dem negativen Ion niederschlägt), oder

2. dass das Molekül der Ausströmung (nach den Anschauungen J. J. Thomsons) die Fähigkeit besitzt, ab und zu ein negativ geladenes Korpuskel oder ein Elektron mit grosser Geschwindigkeit von sich wegzuschleudern. Als Folge hiervon würde das Molekül eine gleichgrosse positive Ladung zurückbehalten und in einem starken elektrischen Felde zu der Kathode wandern. Von dieser Anschauung aus würde die erregte Strahlung von inneren Schwingungen herrühren, die in dem Molekül infolge der Ausstossung des Elektrons erregt würden.

Obschon beide Anschauungen die experimentellen Ergebnisse hinreichend zu erklären vermögen, scheint doch die zweite die wahrscheinlichere zu sein.

Wenn wir die Elektronenhypothese annehmen, so muss vorausgesetzt werden, dass die Fähigkeit, Elektronen auszuschleudern, bei bestimmten Formen der Materie sehr ausgesprochen ist, wie bei der Ausströmung von Radium- und Thoriumverbindungen und bei festen Körpern, wie Uranium, Radium und Aktinium. (Siehe die Resultate von Becquerel, Curie, Debierne und anderen).

Es ist indessen möglich, dass diese Fähigkeit in viel geringerem Grade auch bei anderen bekannten Formen der Materie vorhanden ist. Wenn einer oder mehrere der Gasbestandteile unserer Atmosphäre die Eigenschaft hätte, ab und zu ein Elektron abzustossen, so würde die zeitweilige Ionisation der Luft und die durch sie erregte Radioaktivität auf einmal erklärt sein.

Die zeitweilige Ionisation der Luft würde so von den Ionen herrühren, die in dem Gase durch die Bewegung des weggeschleuderten Elektron hervorgerufen würden, gerade so, wie ein Kathodenstrahlträger auf seinem Wege Gasionen erzeugt.

Die positiven Strahlungsträger, die nach der Ausstossung des Elektrons übrigbleiben, würden an die Kathode überführt werden und dort zu den Erscheinungen der erregten Radioaktivität Anlass geben.

Da es unwahrscheinlich ist, dass innere Schwingungen von Molekülen verschiedener chemischer Natur sowohl nach Charakter wie

1) Phil. Trans. Roy. Soc. 1900.
2) Diese Zeitschr. 3, 210, 1902.

nach Dauer dieselben sind, so ist zu erwarten, dass von verschiedenen Substanzen erregte Radioaktivität sowohl in Bezug auf die Durchdringungsfähigkeit, wie auch den Ladungsabfall pro Zeiteinheit verschieden sein wird.

Die Versuchsergebnisse dieser Mitteilung zeigen, dass die erregte Strahlung für Thorium, Radium und Luft mit sehr verschiedenem Betrage abfällt. Ebenso ist die Durchdringungsfähigkeit der von Luft erregten Strahlung grösser als die vom Thorium und Radium.

Vorstehende Anschauung ist früher von dem einen von uns in einem Briefe an die „Nature“ entwickelt worden, wo auch gezeigt ist, dass die Ausströmung vom Radium sich wie ein radioaktives Gas verhält und direkt der erregten Radioaktivität entspricht. Elster und Geitel haben diese Anschauung aufgenommen und die Ansicht ausgesprochen, dass die zeitweilige Ionisation und erregte Radioaktivität der Luft von einer radioaktiven Ausströmung oder einem radioaktiven Gase in unserer Atmosphäre herrühren möchte. Diese Ausströmung würde zur Ionisation und erregten Radioaktivität in derselben Weise Anlass geben, wie Thorium- und Radiumausströmung.

Zwei von uns beobachtete Thatsachen, welche mit der Elektronhypothese in gutem Einklange stehen, sind nicht leicht nach der Ausströmungsanschauung zu erklären. Es wurde gezeigt, dass der Betrag der zeitweiligen Ionisation in einer begrenzten Luftmasse immer derselbe blieb, wenn man dieselbe einen Monat unverändert liess, und dass die zeitweilige Ionisation in Kohlensäure von der in Luft nicht sehr verschieden war. Will man diese Ergebnisse aus der „Ausströmungsanschauung“ erklären, so müsste man annehmen, dass die Strahlung von der Ausströmung weg mit äusserster Langsamkeit erfolge, und dass der Betrag der mit Kohlensäuregas vermischten Ausströmung ungefähr derselbe wie in Luft wäre. Das letztere erscheint besonders unwahrscheinlich.

Gegenwärtig sind Versuche im Werke, ob eine oder mehrere Bestandteile der Atmosphäre, chemisch dargestellt, eine ausreichende zeitweilige Ionisation und erregte Radioaktivität zeigen, um von der in der Atmosphäre beobachteten Wirkung Rechenschaft zu geben.

Mc Gill Universität, Montreal, Physikalisches Laboratorium, 20. Dez. 1901.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

(Eingegangen am 25. Januar 1902.)

Die anomale Dispersion von Natriumdampf.

Von R. W. Wood.

Die anomale Dispersion von Natriumdampf in unmittelbarer Nähe der D-Linien ist zum ersten Male von Kundt beobachtet und seither von Becquerel und Julius untersucht worden. Doch hat keiner dieser Forscher die Erscheinung über ein Bereich des Spektrums verfolgt, das grösser wäre, als der doppelte oder dreifache Linienabstand.

In einer früheren Arbeit [1]) habe ich gezeigt, wie unter gewissen Umständen durch anomale Brechung weissen Lichtes in einer nichthomogenen Atmosphäre von Natriumdampf ein Spektrum erzielt werden kann, das die grösste Ähnlichkeit mit dem Linienspektrum glühenden Natriums aufweist, — ganz ähnlich, wie es sich nach Julius' geistreicher Hypothese als die Erscheinung des „Blitz-Spektrums“ in der invertierenden Schicht der Sonnen-Photosphäre zeigt. [2]) In Anbetracht der augenscheinlichen Wichtigkeit des Gegenstandes in seiner Bedeutung für die Theorie der Dispersion und seinem eventuellen Zusammenhang mit der Physik der Sonne, bin ich daran gegangen, zu untersuchen, ob so genaue quantitative Daten zu erzielen wären, dass man mit ihrer Hilfe die Dispersionsformel für den Fall des Natriumdampfes prüfen könnte.

Die absoluten Werte der gefundenen Brechungskoeffizienten lassen zwar zu wünschen übrig, doch wurden sehr interessante relative Werte gefunden, und, was von ganz besonderem Interesse ist, die Dispersion konnte über das ganze Bereich des sichtbaren Spektrums verfolgt und gemessen werden, und zwar war der Brechungskoeffizient für alle Wellen von höherer Frequenz als D_2 kleiner, für alle Wellen von geringerer Frequenz als D_1, hingegen grösser als die Einheit. Mit anderen Worten: ich habe mit Hilfe von Natriumdampf ein vollständiges anomales Spektrum erzielt, in dem alle Farben vertreten sind vom äussersten Rot bis zum äussersten Violett, mit alleiniger Ausnahme eines Bereiches von etwa 20 Ångström-Einheiten an den D-Linien.

Frühere Untersuchungen sind ausschliesslich mit Natriumflammen angestellt worden, denen man die Form eines Prismas gegeben hat. In Anbetracht der grossen Unsicherheit in Bezug auf Prismenwinkel, Dampfdichte und Molekularzustand des Dampfes, von dem man ja nicht mit Sicherheit weiss, ob er dissoziiert ist oder nicht, erschien es ratsam, nichtleuchtenden Dampf anzuwenden, wie man ihn erhält, wenn man metallisches Natrium in einem indifferenten Gase oder im Vakuum erhitzt.

1) Phil. Mag., Mai 1901.
2) Siehe diese Zeitschrift, 2, 348, 357, 1901; 3, 154, 1902

Die ersten Versuche wurden mit einem Prisma aus Gusseisen angestellt, das mit Fenstern aus Glimmer oder dünnem Spiegelglas versehen war, und in dem das Metall in einer Wasserstoff-Atmosphäre erhitzt wurde. Ich erzielte zwar sofort sehr schöne Resultate, doch merkte ich an gewissen Besonderheiten in der Art, wie der Dampf wirkte, dass die Brechung hauptsächlich der Wirkung des nichthomogenen Mediums zuzuschreiben war, derart, dass die Flächen konstanter Dichte horizontal lagen. Viel Mühe hatte ich mit den Fenstern, die sich sehr bald mit einem weissen Überzug bedeckten, der fast alles Licht abhielt. Da es jedoch auf der Hand lag, dass die prismatischen Flächen nur eine unerhebliche Rolle spielten und die Erscheinung fast ausschliesslich auf Rechnung der veränderlichen Dampfdichte zu schreiben war, erschien es ratsam, diesen Umstand auszunützen. Ich kam denn auch dadurch über die Verlegenheit hinweg, dass ich die Glasplatten in solche Entfernung von dem erhitzten Dampf brachte, dass es zu keinem Niederschlage mehr kam.

Die schliessliche Anordnung bestand einfach aus einer etwa 30 cm langen Glasröhre, an deren beiden Enden mit Siegellack kleine Scheiben Spiegelglas befestigt waren. Vermittelst zweier enger Glasröhren, die in der aus Figur 1 ersichtlichen Weise angeordnet waren, wurde dann Wasserstoff eingelassen, der vorher über Calciumchlorid geleitet und so getrocknet worden war.

Der Durchmesser dieser Röhren darf 2 mm nicht überschreiten; sie müssen dicht an den Seitenwänden der weiteren Röhre entlang geführt werden, da sie sonst dem Lichte keinen unbeschränkten Zutritt gewähren. Für die weite Röhre ist 2 cm der geeignetste Durchmesser.

Da die hier zu beschreibenden Versuche sicherlich einen jeden, der sich die Mühe nehmen sollte, sie zu wiederholen, befriedigen dürften, und da dieselben sich auch als Vorlesungsversuche ganz besonders geeignet erweisen dürften, um anomale Dispersion zu demonstrieren, so will ich mehr im einzelnen die Herstellungs- und Benutzungsweise dieser Dispersionsröhren in der Form beschreiben, die ich am vorteilhaftesten gefunden habe: Zuerst werden die Röhrenenden erwärmt und mit Siegellack dick bestrichen; dann wird das eine Glasröhrchen an Ort und Stelle angebracht und ein vorher erwärmtes kleines Stück Spiegelglas gegen den Lack gedrückt, so dass alle kleinen Spalten rund um die Glasröhre mit Lack geschlossen werden. Darauf wird die Zuleitungsröhre angebracht und ein Stück frisch geschnittenes Natrium, dessen Dimensionen etwa 5 mm betragen, eingeführt. Sodann wird das andere Fenster angekittet und so schnell wie möglich mit der Durchleitung des Wasserstoffstromes begonnen. Einige Übung ist erforderlich, um diesen während der Versuche zu regulieren. Wenn man nämlich anfängt, die Röhre zu erhitzen, bildet sich viel weisser Rauch. Doch wenn man den Strom derart reguliert, dass pro Sekunde etwa eine Gasblase austritt, klärt sich der Rauch gewöhnlich nach Verlauf weniger Minuten auf und stört nicht weiter. Die Röhre wird am besten mit einem halb nach unten gekehrten Bunsenbrenner erwärmt, derart, dass die Flammenspitze den Röhrenboden bestreicht. Wenn man hinter die Röhre eine Natriumflamme stellt, kann man die Dampfbildung gut beobachten; der Dampf hebt sich nämlich gegen die Flamme fast kohlschwarz ab, während er in weissem Licht durchaus farblos ist.

Zur Untersuchung der Dispersion des Dampfes kam ein Apparat zur Anwendung, der im wesentlichen mit dem Becquerelschen identisch ist:

Das Licht einer Bogenlampe wurde auf den horizontalen Spalt eines Kollimators konzentriert; die parallel gemachten Strahlen passierten diesen und gingen dann durch die ganze Länge der Dispersionsröhre. Eine zweite Linse konzentrierte sie sodann nach einem Brennpunkt im Spalte eines Spektroskops, wenn die Dispersion nach der Methode der gekreuzten Prismen untersucht werden sollte, oder nach dem Brennpunkt eines Okulars, wenn das anomale Spektrum subjektiv beobachtet werden sollte.

Bei den ersten Versuchen wandte ich die Methode der gekreuzten Prismen an, und zu diesem Zwecke war das Spektrometer mit einem ebenen Rowlandschen Gitter versehen, das die Natriumlinien weit getrennt zeigte. Es war so-

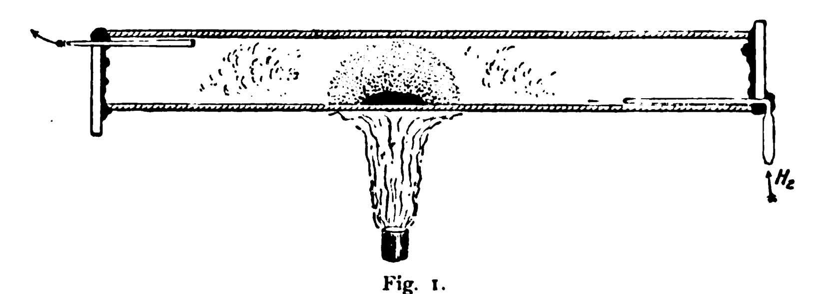


Fig. 1.

fort ersichtlich, dass meine Dispersionsröhren weit bessere Resultate gaben, als die Methode der Flammenprismen es je ermöglicht hatte. Die gekrümmten Äste des Beugungsspektrums auf beiden Seiten der Natriumlinien waren durchaus scharf und fest, und die Dispersion konnte bis zu einer beträchtlichen Entfernung über beide Seiten des Spektrums hin verfolgt werden. Am Spalte des Spektrometers erschien, an Stelle des weissen Bildes des horizontalen Spaltes, ein schönes anomales Spektrum, von grossem Glanz und grosser Reinheit. Wenn dann das Spektrometer entfernt und an seine Stelle ein Okular gebracht wurde, zeigte sich gleichfalls ein prachtvolles Spektrum.

Bevor ich jedoch dieses Spektrum im einzelnen bespreche, möchte ich noch von den Resultaten berichten, die ich mit der Methode der gekreuzten Prismen erzielt habe. Wenn die Röhre erhitzt wird, kann man zunächst die Krümmung des Spektrums sowohl zwischen den *D*-Linien als rechts und links davon beobachten, und zwar stellt sich alles so dar, wie von Becquerel beschrieben; nach Verlauf weniger Sekunden jedoch wird der Dampf so dicht, dass Totalabsorption des gesamten Lichtes zwischen den Linien eintritt. Julius spricht die Ansicht aus, dass dieses Verschwinden des Lichtes zwischen den *D*-Linien nur von der starken Dispersion komme, dass dieses also nicht absorbiert, sondern nur nach der einen Seite hin abgelenkt wird, so dass es nicht in das Instrument treten kann. Nach meiner Meinung ist dies jedoch nicht zutreffend, da ich dieselbe Erscheinung unter Bedingungen beobachtet habe, wo die Möglichkeit einer seitlichen Ablenkung vollständig ausgeschlossen ist. Wie ich weiter unten zeige, ist die Breite des Absorptionsstreifens manchmal gleich der zwanzigfachen Breite des Spektrums zwischen den *D*-Linien.

Die entgegengesetzt gekrümmten Äste, die sich an das Absorptionsgebiet anschliessen, wachsen schnell an, wenn die Röhre heisser wird, und schliesslich treten die Enden aus dem Gesichtsfeld des Instrumentes heraus. Im Rot und im Grünblau tritt dann schöne Streifenabsorption auf, die einen Bereich im Blau schliesslich fast völlig auswischt. Unterdessen nimmt die Krümmung des Spektrums in ganz merkwürdiger Weise zu: der ganze rote Ast liegt hoch über dem grün-blauen Teil. Wenn die Dampfdichte zunimmt, verblasst das Rot allmählich; es bleibt nur Gelb und Grün und das äusserste Blau und Violett, während die Krümmung fortdauernd zunimmt. Das Streifen- oder Rippenspektrum ist von Roscoe und Schuster vor etwa 25 Jahren beschrieben worden, doch ist meines Wissens seitdem nicht mehr darüber gearbeitet worden. Ich habe kürzlich mit Hilfe eines konkaven Rowlandschen Gitters ausgezeichnete Photographien hiervon erzielt, die vom äussersten Rot bis zum Violett gehen; ich finde, dass dasselbe viel ausgedehnter ist, als man angenommen hatte, denn die Streifen gehen direkt bis zum Absorptionsstreifen an den *D*-Linien, und zwar auf beiden Seiten, wenn sie auch auf der Seite der kürzeren Wellenlänge sehr undeutlich sind. Dieses Spektrum will ich in einer späteren Arbeit besprechen.

Von dem Dispersionsspektrum des Beugungsgitters habe ich sehr befriedigende Photographien erzielt. Nach beendigter Belichtung, doch vor dem Entfernen der Platte, wurde eine kleine Natriumflamme vor den Spektrometer-



Fig. 2.

spalt gebracht: man erhielt so auf der Platte ein Bild der Natriumlinien an ihrer Stelle im Spektrum und konnte dieses als Marke benutzen. Um Photographien von der Dispersion bei grösserer Dichte des Natriumdampfes zu erzielen, war grössere Lichtstärke wünschenswert, und deswegen wurde das Gitter durch ein kleines Prisma ersetzt. Dieses Prisma löste auf den Negativen die Natriumlinien nur gerade auf, gab aber ausgezeichnete Bilder des Spektrums mit starker Natriumdispersion. So wurde Fig. 2 hergestellt; auf derselben sind die Streifen im Rot und Grün ersichtlich, wenn auch nicht sehr scharf.

Da bei jeder Wiedergabe von den feinen Einzelheiten viel verloren geht, habe ich in Fig. 2 die äussersten Punkte, bis zu denen die gekrümmten Äste am Absorptionsstreifen auf

dem Original-Negativ verfolgt werden können, mit Pfeilen bezeichnet. Bei Beobachtung mit blossem Auge kann man dieselben jedoch viel weiter verfolgen, denn die Endspitzen sind äusserst schwach und das Licht chemisch nicht sehr wirksam.

Bei der Darstellung des direkten Spektrums, wie es ein Prisma von Natriumdampf giebt, erhält man die besten Resultate mit einer langen Dispersionsröhre und einem Satz von vier bis fünf Prismen. Die Natriumstückchen müssen mindestens etwa 6 bis 8 cm auseinanderliegen, und für jedes einzelne muss besonders ein kleiner Bunsenbrenner in Anwendung kommen.

Man kann zwar schon mit einem einzigen Prisma ein recht schönes anomales Spektrum erzielen, doch ist in Anbetracht der prachtvollen Resultate, welche die Anwendung eines ganzen Satzes ermöglicht, die kleine weitere Mühe nicht verloren. Wenn die Lichtquelle der elektrische Bogen ist, findet man, dass das äusserste Violett die Stelle des unabgelenkten Spaltbildes einnimmt. Dann kommt Blau, manchmal in direktem Anschluss an Violett, manchmal hingegen durch eine feine dunkle Linie von ihm leicht getrennt, da ja das violette Licht von der gerippten Kohlenstoffbande des Bogens kommt, die vom Blau durch ein verhältnismässig dunkles Bereich getrennt ist. Darauf folgt eine breite Lücke, die dem Lichte entspricht, das im blaugrünen Bereich (dem gerippten Spektrum) vom Natriumdampf absorbiert wird, und darüber ein prächtiger Farbenstreifen, der von Blaugrün in Grasgrün und schliesslich in Gelb übergeht. Der rote und orangenfarbige Teil des Spektrums liegt auf der anderen Seite des unabgelenkten Bildes, oder unterhalb desselben, und bildet einen zweiten glänzenden Farbenstreifen. Vom Violett ist es, infolge der Absorption bei den *D*-Linien, durch einen breiten dunklen Streifen geschieden. Wenn die Röhre stärker erwärmt wird und so die Dichte des Dampfes wächst, breitet sich der rote Streifen weiter nach unten aus, wird schwächer und verblasst schliesslich ganz infolge des Auftretens von gerippten Absorptionsstreifen im Roten. Grün und Blau bleiben weiter, wenn sie auch immer weiter voneinander getrennt sind, bis schliesslich auch Grün fast vollständig verschwindet. Am besten bringt man den Gashahn so an, dass man die Flammenhöhe regulieren kann, ohne sich vom Okular zu entfernen, da es ganz wunderbar ist, eine wie geringe Veränderung dazu genügt, den ganzen Charakter des Spektrums zu verändern.

Die Glasröhre darf man, bevor der Versuch beendigt ist, nicht abkühlen lassen, da sie sonst sofort zerspringt, wenn man die Flamme wieder heranbringt.

Glas ist zwar für Versuche, die nur kurze Zeit dauern, ein recht geeignetes Material, doch ist sonst Eisenblech vorzuziehen. Jeder Klempner kann brauchbare Röhren herstellen: dieselben müssen aus dünnem Eisenblech verfertigt sein; der umgewendete Lötsaum wird gehämmert, bis ein dichter Schluss hergestellt ist. Solche Röhren können beliebig oft erhitzt und abgekühlt werden, und man kann sie ein bis zwei Stunden lang hintereinander benutzen. Nach Ablauf dieser Zeit ist das Natrium gewöhnlich aufgebraucht, und ein moosartiger Satz von Oxyd hat allmählich die Röhre angefüllt. Die Röhren können, ohne Schaden zu nehmen, immer und immer wieder benutzt werden und sind in jeder Hinsicht befriedigend. Ihr einziger Fehler ist ihre Wärmeleitfähigkeit, da der Siegellack weich wird und die Glasplatten abfallen; doch diesem Übelstand kann abgeholfen werden, wenn man um beide Enden ein Stück Leinwand wickelt und dieses von Zeit zu Zeit anfeuchtet. Ich habe auch Röhren mit Wassermänteln an beiden Enden anfertigen lassen, doch erzielt man hiermit anscheinend keinen besonderen Vorteil und kompliziert nur den Apparat. Porzellanröhren sind recht brauchbar, doch gebe ich im allgemeinen den eisernen den Vorzug.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen am 31. Januar 1902.)

Zur Temperaturbestimmung von Flammen.

Von O. Lummer und E. Pringsheim.

Die Auffindung der Strahlungsgesetze für den schwarzen Körper und das blanke Platin hat die Grundlage für mehrere Methoden geliefert, um die Temperatur auch nichtschwarzer, leuchtender Körper mit ziemlicher Genauigkeit zu bestimmen. Auch die Temperatur leuchtender Flammen liess sich angeben unter der Voraussetzung, dass die Strahlungseigenschaften der glühenden Kohlepartikelchen zwischen denen des schwarzen Körpers und des blanken Platins liegen. [1])

Nur die nichtleuchtenden Flammen sind von diesen Methoden ausgeschlossen, da sie ein diskontinuierliches, aus einzelnen Banden bestehendes Spektrum besitzen. Hier kann man aus der Emission allein keine direkten Schlüsse auf die Temperatur ziehen, wohl aber kann man hoffen, bei gleichzeitiger Messung der Absorption über die Temperatur Aufschluss zu erhalten. Die Messung der Absorption strahlen-

1) O. Lummer und E. Pringsheim, Verhandlgn. der Deutsch. Phys. Ges. 1, 215—235, 1899.

der Flammen bleibt stets misslich. Man umgeht sie ganz, wenn man genügend dicke strahlende Schichten nimmt oder wenn man die bekannte Methode der Umkehrung der Spektra anwendet.

Relativ einfach gestaltet sich die Temperaturbestimmung, wenn es gelingt, die schwarze Strahlung bei Temperaturen zu verwirklichen, welche die zu messende Flammentemperatur übersteigen, mindestens aber erreichen. Mit dem von uns konstruierten elektrisch geglühten Kohlekörper [1]) hoffen wir Temperaturen bis 3000^0 zu erreichen.

Alle auf der Strahlung beruhenden Methoden der Temperaturbestimmung sind nur bei denjenigen Flammen brauchbar, bei denen es sich um reine Temperaturstrahlung handelt. Bei den Kohlenwasserstoff-Flammen z. B. kommen die Bandenspektra der Kohlensäure und des Wasserdampfes in Betracht. Ob diese Emission der reinen Temperaturstrahlung angehört, oder ob Luminescenz mitwirkt, ist eine noch unentschiedene Frage. [2]) Ergiebt sich aus der Umkehrung der verschiedenen Absorptionsbanden nicht die gleiche Temperatur der Flamme, so kann man wohl schliessen, dass die Emission zum Teil durch Luminescenz hervorgebracht wird. Sollten dagegen die CO_2- und H_2O-Banden bei ein und derselben Temperatur des schwarzen Körpers umgekehrt werden, dann dürfte diese Temperatur die wahre Flammentemperatur sein. Bei den durch Metalldämpfe (Na, K etc.) gefärbten Flammen versagt dagegen diese Methode ganz. Denn in allen Fällen, in denen die Emission nur aus homogenen Wellen besteht, hängt die Umkehrung der Spektrallinien nicht allein von der Temperatur des schwarzen Körpers ab, sondern es können die Linien durch blosse Änderung der Dispersion zum Verschwinden oder Wiedererscheinen gebracht werden.

Aber auch bei reiner Temperaturstrahlung und nichthomogener bezw. kontinuierlicher Emission liefert diese Methode nur dann richtige Werte der Temperatur, wenn das Reflexionsvermögen der Flamme gegen ihr Absorptionsvermögen zu vernachlässigen ist. Ist dies nicht der Fall, so tritt das Kriterium (Schwelle der Umkehr bezw. Helligkeitsgleichheit mit und ohne Flamme) ein, ohne dass die Temperaturen des schwarzen Körpers und der zu untersuchenden Flamme ungleich sind. In diesem Falle sei T_1 die Temperatur des schwarzen Körpers und S_1 sein Emissionsvermögen für das untersuchte Wellenlängengebiet. Entsprechend seien T_2 die Temperatur der Flamme, E ihr Emissionsvermögen, A ihr Absorptionsvermögen, R ihr Reflexionsvermögen und D ihr Durchlassungsvermögen. Die Gleichgewichtsbedingung ist dann:

$$DS_1 + E = S_1.$$

Ist S_2 das Emissionsvermögen des schwarzen Körpers für die Temperatur T_2, so ist:

$$E = AS_2,$$

also folgt:

$$S_2 = \frac{1-D}{A} S_1$$

oder da $R + A + D = 1$ ist:

$$S_2 = \left(1 + \frac{R}{A}\right) S_1 \qquad 1)$$

Ist R also nicht klein gegen A, so wird $S_2 > S_1$ oder $T_2 > T_1$, d. h. die Flammentemperatur ist zu klein gemessen. Die Voraussetzung

$$1 + \frac{R}{A} = 1$$

dürfte wenigstens bei den stärkeren Absorptionsbanden der nichtdurchleuchtenden Flammen nahe erfüllt sein. Ob dies aber auch bei den mit kontinuierlichem Spektrum leuchtenden Flammen der Fall ist, erscheint uns zweifelhaft.

Neuerdings hat Herr Kurlbaum [1]) gemessen, bei welcher Temperatur des schwarzen Körpers die Helligkeit im sichtbaren Gebiet des Spektrums (Rot) durch Einschalten der Kerzenflamme in den Strahlengang nicht geändert wird. Indem bei dieser, auf der Umkehrung der Spektra beruhenden Methode die Flammentemperatur gleich derjenigen des schwarzen Körpers gesetzt wird, bleibt der Einfluss der Reflexion unberücksichtigt. Die so erhaltene Temperatur der Kerze ist daher notwendig zu klein. Um wieviel sie zu erhöhen ist, wäre nur angebbar, wenn man das Verhältnis von R und A kennen würde. Da Angaben hierüber fehlen, so haben wir, um einen Anhaltspunkt zu gewinnen, vorläufig das Durchlassungsvermögen D und damit $R + A = 1 - D$ bestimmt. Diese Messungen ergaben für den roten Spektralbezirk:

$$D = 0{,}8, \text{ also } R + A = 0{,}2.$$

Je nach den Umständen wird R/A verschiedene Grösse haben können. Unter der willkürlichen Annahme z. B., dass die in der Kerze glühenden Kohlepartikelchen 5 resp. 10 Proz. der auffallenden Strahlen durch Reflexion und Beugung zerstreuen, würde nach Gleichung 1 werden:

$$S_2 = \frac{4}{3} S_1, \text{ bezw. } S_2 = 2S_1,$$

d. h. es müsste die unter Vernachlässigung der

1) Diese Zeitschr. **3**, 97—100, 1901.
2) Vgl. Litteratur bei E. Pringsheim, „Sur l'Émission des Gaz". Congrès Intern. de Phys. Paris 1900.

1) Diese Zeitschr. **3**, 187—188, 1902.

Reflexion bestimmte Kerzentemperatur um soviele Grade erhöht werden, als man die Temperatur des schwarzen Körpers erhöhen muss, damit sein Emissionsvermögen von S_1 auf $\frac{4}{3} S_1$ bezw. $2 S_1$ steigt.

Nach unseren isochromatischen Kurven für den schwarzen Körper[1]) beträgt dieses Intervall für Rot etwa 40^0 bezw. 120^0, so dass die Kurlbaumsche Zahl sich unter den gemachten Annahmen von 1704^0 abs. auf 1740^0 bezw. 1820^0 abs. erhöhen würde, während wir aus der bolometrisch gemessenen Lage des Energiemaximums die Temperatur der Kerze zwischen 1780^0 abs. und 1960^0 abs. eingeschlossen hatten.

Übrigens ist eine genaue Übereinstimmung zwischen dem photometrisch und bolometrisch gemessenen Werte gar nicht zu erwarten, umsoweniger als die Temperatur der Kerze sich jedenfalls mit der Flammenhöhe, der Art der Kerze etc. ändert. Die gefundene geringe Abweichung kann daher kaum den Schluss rechtfertigen, dass der in der Kerze glühende Kohlenstoff selektiver strahlt als blankes Platin.

1) O. Lummer und E. Pringsheim Verhandlgn. der Deutsch. Phys. Ges. 3, 36—46, 1901.

(Eingegangen 7. Februar 1902.)

Geschichtliches zur Erklärung der Zerstreuung der Kathodenstrahlen.

Von J. Stark.

Vor kurzem veröffentlichte ich in dieser Zeitschrift (3, 161, 1902) eine Mitteilung über die Reflexion der Kathodenstrahlen. Auf Grund der Annahme, dass zwischen den Kathodenstrahlteilchen und den reflektierenden Massenteilchen eine von der Entfernung abhängende Kraft wirke, versuchte ich die bis jetzt über die Kathodenstrahlreflexion vorliegenden Beobachtungen und Messungen systematisch zu ordnen und auf vorhandene Lücken hinzuweisen.

Wenn man in den Kathodenstrahlen bewegte elektrische Teilchen sieht, so ergiebt sich von selbst die Folgerung, dass Kräfte zwischen ihnen und anderen Teilchen auftreten können. In der Einführung jener Annahme liegt darum kein Verdienst; sie ist schon von verschiedenen Seiten gemacht und vor allem bereits von W. Weber klar und deutlich ausgesprochen, ja sogar zu den grundlegenden Zügen einer Theorie der Zerstreuung elektrischer Strahlen verwertet worden.

Herr Geheimrat Riecke hatte die Güte, mich darauf aufmerksam zu machen, dass bereits W. Weber[1]) die Zerstreuung elektrischer Teilchen behandelte, zunächst allerdings in der Absicht, auf diesem Wege zu einer elektrodynamischen Begründung von Maxwells Gastheorie zu gelangen. Bei näherem Nachlesen war ich erstaunt zu ersehen, dass die Entwickelungen von Weber Wort für Wort auf die Zerstreuung der Kathodenstrahlen übertragen werden können, dass er schon im Jahre 1878 auf die bewegten elektrischen Teilchen Bezeichnungen und Definitionen angewandt hat, die erst in den letzten Jahren neu gebildet worden sind. Es dürfte von allgemeinem Interesse sein, Webers eigene Worte kennen zu lernen. Ich citiere darum aus der Abhandlung „Elektrische Strahlung, insbesondere Reflexion und Zerstreuung der Strahlen" folgende Stellen:

S. 389. „Die Bewegungen zweier bloss durch Wechselwirkung getriebenen elektrischen Teilchen, die sich in Bewegung gegeneinander sowohl in der sie verbindenden Geraden, als auch senkrecht darauf befinden, sind in den elektrodynamischen Massbestimmungen, Bd. X dieser Abhandlungen, betrachtet und zu ihrer Bestimmung folgende Gleichungen gefunden worden:

$$\frac{u^2}{c^2} = \frac{r - r_0}{r - \varrho}\left(\frac{\varrho}{r_0} + \frac{r + r_0}{r} \cdot \frac{\alpha_0^2}{c^2}\right),$$

$$r\alpha = r_0 \alpha_0,$$

wo r die Entfernung beider Teilchen voneinander, und u und α ihre relativen Geschwindigkeiten in der Richtung von r und senkrecht darauf bezeichnen; ferner bezeichnet r_0 den Wert von r, für welchen $u = o$ ist, α_0 den Wert von α, für welchen $r = r_0$ ist, endlich ϱ die von der Natur und den Massen ε und ε' der beiden Teilchen e und e' abhängenden Konstante

$$\varrho = 2\,\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{\varepsilon \cdot \varepsilon'} \cdot \frac{e \cdot e'}{c^2},$$

wo ϱ positiv oder negativ ist wie das Produkt $e \cdot e'$."

S. 390. „Es soll nun der Fall betrachtet werden, dass zwei gleiche elektrische Teilchen e und e' aus grosser Entfernung sich einander mit grosser Geschwindigkeit u nähern ... Der Einfachheit halber soll bei dieser relativen Bewegung e als ruhend betrachtet werden. In derselben Bahn und relativ gegen e mit gleicher Geschwindigkeit soll dem Teilchen e' eine Reihe gleicher Teilchen e'', e''' ... folgen, in solchen Intervallen, dass die wechselseitigen Störungen derselben nicht berücksichtigt zu werden brauchen."

... Das System aller dieser Teilchen heisse

1) Wilhelm Webers Werke, IV. Band, Galvanismus und Elektrodynamik, Berlin 1894, 389.

ein elektrischer Strahl und die Asymptote, in der sich die Teilchen befinden, wenn sie sehr weit von e entfernt sind, diene zur Bestimmung der Richtung des Strahles."

S. 391. „Von dem Augenblicke an, wo $r = r_0$ geworden, entfernen sich die beiden Teilchen e und e' wieder voneinander, und ihre Verbindungslinie nähert sich einer anderen Geraden, die mit der Richtung, welche ee' besass, als $r = r_0$ geworden, ebenfalls einen Winkel $= \varphi_0$ bildet und mit der Richtung des ursprünglichen Strahles den Winkel $= 2\varphi_0$, welcher der Reflexionswinkel heissen soll. Dieser Reflexionswinkel ist nun aber für die verschiedenen Teilchenpaare ee', ee'' . . ., welche zu demselben Strahle gehören, sehr verschieden, nach Verschiedenheit der Werte von α_0 oder r_0/ϱ, woraus sich ergiebt, dass ein solcher reflektierter Strahl zugleich auch zerstreut werde. Diese Zerstreuung elektrischer Strahlen soll nun nach obigen Gesetzen näher bestimmt werden."

Weber hat in erster Linie die Zerstreuung elektrischer Strahlen an elektrischen Teilchen im Auge gehabt; dass er auch an eine Zerstreuung durch ponderable Moleküle gedacht hat, geht aus folgenden Stellen hervor, deren Inhalt auch an sich grosses Interesse beanspruchen darf.

S. 394. „Nach dieser Mosottischen Vorstellung ponderabler Teilchen ergiebt sich von selbst, dass, wenn diese Teilchen sich im leeren Raume in Wurfbewegung befinden, wie nach der Krönig-Clausiusschen Gastheorie bei den Gasen angenommen wird, so würden aus den Gesetzen der elektrischen Wechselwirkung für diese im leeren Raume in Wurfbewegung befindlichen ponderablen Teilchen ähnliche Zurückwerfungs- und Zerstreuungsgesetze sich ergeben, als im vorigen Artikel für gleichartige in Wurfbewegung befindliche Teilchen gefunden worden sind." S. 395. „Es lassen sich hiernach die im vorigen Artikel gefundenen Gesetze der Zurückwerfung und Zerstreuung für Strahlen gleichartig elektrischer Teilchen auch auf Strahlen ponderabler, nach Mosottis Vorstellung zusammengesetzter Moleküle, übertragen. Und sind nun diese ponderablen Moleküle Gasmoleküle, so wird dadurch ein Aggregatzustand des Gases gebildet, welcher dem nach der Krönig-Clausiusschen Theorie den Gasen zugeschriebenem Aggregatzustande ganz entspricht, ohne dass es nötig wäre, diesen ponderablen Gasmolekülen mit Krönig eine besondere Form und Elastizität, oder mit Clausius und Maxwell besondere, einer höheren Potenz der Entfernung umgekehrt proportionale Abstossungskräfte zuzuschreiben."

Ganz ähnliche Vorstellungen hat E. Riecke[1]) in seiner Theorie des Galvanismus und der Wärme auf die Wechselwirkung zwischen einem elektrischen Teilchen und einem ponderablen Molekül angewendet. Er schreibt a. a. O. S. 357 folgendes: „Nehmen wir an, dass . . ., so bewegen sich die Teilchen in dem intramolekularen Raum in gerader Linie solange, bis sie in die Nachbarschaft eines anderen ponderablen Moleküls kommen. Von diesem werden sie aus der geradlinigen Bahn abgelenkt; sie werden dasselbe in einem kleineren oder grösseren Bogen umkreisen, um sich dann wieder zu entfernen und in gerader Linie bis zu einem dritten ponderablen Molekül weiter zu gehen."

1) E. Riecke, Wied. Ann. **66**, 357, 1899.

W. Kaufmann[1]) hat die Annahme einer Kraft zwischen elektrischen Teilchen (Kathodenstrahlen) und Molekülen in folgender spezieller Form benützt. „Ich mache die Annahme, dass zwischen den Strahlteilchen und den Molekülen eine Attraktion stattfindet, welche proportional ist der Masse des Moleküls und irgend einer Funktion $f(r)$ der Entfernung r zwischen dem Strahlteilchen und dem Molekül." Kaufmann bemerkt, dass seine auf diese Annahme gegründeten Betrachtungen über die Zerstreuung der Kathodenstrahlen in Gasen zu keineswegs widerspruchsfreien Resultaten führen. Dies darf uns an der Annahme einer Kraft nicht irre machen, da die Wechselwirkung zwischen elektrischen Teilchen und den materiellen Teilchen eines Körpers in erster Linie wohl auf elektrische Kräfte[2]) zurückzuführen sein dürfte.

Wie W. Seitz[3]), so möchte auch ich die Frage nach der speziellen Natur der Wechselwirkung zwischen elektrischen, insbesondere Kathodenstrahlteilchen und Teilchen eines Körpers zunächst noch offen lassen. Für die Ordnung und Kritik des bereits vorliegenden Versuchsmaterials, für die Vorhersage neuer Beziehungen genügt vorderhand die Annahme einer ablenkenden Kraft, die mit dem wachsenden Abstand zwischen Kathodenstrahl- und Massenteilchen kleiner wird. Die Aufgabe meiner früheren Mitteilung über die Reflexion der Kathodenstrahlen sah ich darin, die bisherigen Beobachtungen zu systematisieren und der weiteren experimentellen Forschung Richtpunkte zu geben.

1) W. Kaufmann, Wied. Ann. **69**, 111, 1899.
2) Diese Zeitschr. **1**, 399, 1900; **2**, 233, 1901.
3) W. Seitz, Ann. d. Physik, **6**, 1, 1901.

Göttingen, 25. Januar 1902.

(Eingegangen 10. Februar 1902.)

Zur Kenntnis des Eiskalorimeters.

Von G. Lindner.[1])

Seitdem in den Händen von Bunsen das Eiskalorimeter seine klassische Form angenommen hat, wird dasselbe aus bekannten Gründen zur Messung von Wärmemengen benutzt.

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Eilhard Wiedemann habe ich die Änderungen der spezifischen Wärmen von festen Körpern mit der Temperatur untersucht und dabei das Eiskalorimeter von Bunsen verwendet. Während ich noch mit den Vorarbeiten beschäftigt war, erschien eine Arbeit von Bontschew[2]), welche die Grundbedingung für die Verwendbarkeit des Eiskalorimeters in Frage stellt. Herr Bontschew findet nämlich, dass man bei aufeinander folgenden Versuchen für dasselbe Stück derselben Substanz verschiedene und zwar abnehmende Werte für die spezifische Wärme erhält. Daraus würde eine Veränderlichkeit der Schmelzwärme des Eises sich ergeben und dann die Verwendung des Eiskalorimeters zur Messung von Wärmemengen ausgeschlossen sein. Einen Anhalt würde diese Veränderung in den Beobachtungen von R. Emden[3]) finden, nach welchen in der That das Eis im Eiskalorimeter sich umlagert. Da ich gelegentlich auch derartige Resultate wie Herr Bontschew erhalten habe, so bin ich den Ursachen der Erscheinung nachgegangen. Von vornherein sei bemerkt, dass die Abnahme der spezifischen Wärme nur dann eintritt, wenn Fehlerquellen nicht vermieden werden. Beobachtungen, bei denen mit demselben Eismantel eine Reihe von Versuchen angestellt war, ergaben nacheinander folgende Werte für die mittlere spezifische Wärme von Kupfer zwischen 0^0 und 133^0:

1.	0,0944	7.	0,0847
2.	0,0971	8.	0,0842
3.	0,09624	9.	0,0821
4.	0,09662	10.	0,0868
5.	0,09592	11.	0,0888
6.	0,09512	12.	0,0878

Hieraus würden für die Schmelzwärme Unterschiede von 3 bis 14 Proz. folgen. Wahrscheinlicher schien mir aber, dass dies von Veränderungen im Eiskalorimeter herrühre. In der That zeigte sich bei einer Besichtigung desselben, dass der Eismantel an dem unteren Ende fortgeschmolzen war. Dadurch wurde aber der Versuch ungenau, weil ein Teil der Wärme nicht zum Schmelzen des Eises verwendet wurde, sondern durch Strahlung an die Umgebung abgegeben, besonders aber durch absteigende Konvektionsströme im Wasser zum Quecksilber geführt wurde. Hieraus erklärt sich der grosse Unterschied zwischen den Resultaten 1—6 und 7—12. Ganz besonders ist bei Beginn von Beobachtungen mit einem neuen Eismantel darauf zu achten, dass das Eis und Wasser im Kalorimeter nicht unterkühlt sind, da sonst die Resultate bis zu 6 Proz. zu klein ausfallen.

Versuche mit kleineren Mengen der Substanz ergaben denn auch durchaus übereinstimmende Resultate, die weiter unten mitgeteilt werden. Um aber sicher zu sein, dass das Eis unabhängig von der Art der Entstehung dieselbe Schmelzwärme besitzt, wurde Eis bei verschiedenen Temperaturen gebildet. Die nun folgenden Versuchsreihen wurden nach der Krystallisationsform in 3 Gruppen eingeteilt. Innerhalb derselben wurde sowohl frisch gefrorenes Eis als auch solches, welches während einiger Tage gestanden hatte, verwendet. Bestimmt wurde jedesmal die spezifische Wärme für Kupfer zwischen 0^0 und 133^0. Die Erwärmung geschah in einem elektrischen Ofen nach dem Prinzip von L. Holborn und A. Day.[1])

I. Das Eis, welches zu den Versuchen dieser Abteilung verwendet wurde, war erzeugt, indem Äther im Kalorimeter rasch zur Verdampfung gebracht wurde. Mit je einem frischen Eismantel wurden die Versuche 1—2, 3—5, 6—10 angestellt. Der 3. Eismantel hatte 3 Tage gestanden, bis mit den Versuchen begonnen wurde. Die Resultate sind folgende:

1.	0,09479	6.	0,09462
2.	0,09472	7.	0,09413
3.	0,09462	8.	0,09462
4.	0,09421	9.	0,09413
5.	0,09462	10.	0,09455

Der grösste Unterschied beträgt 0,7 Proz., das arithmetische Mittel: 0,09449. Der nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete wahrscheinliche Fehler desselben ist 0,0000472, also 0,09 Proz.

II. Bei den folgenden Versuchen wurde das Eis hergestellt, indem in einer Kältemischung aus Kochsalz und Schnee auf 15^0 abgekühlter Alkohol in das Kalorimetergefäss gebracht wurde. Die Versuche 1—6 sind mit einem ersten, die Versuche 7—10 mit einem zweiten Eismantel angestellt. Der letztere hatte mehrere Tage gestanden, bis mit den Versuchen begonnen wurde. Die Resultate sind folgende:

1) Mitgeteilt von dem Physikal. Institut der Universität Erlangen.

2) Bontschew, „Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des festen Albuminiums von der Temperatur", Inauguraldissertation, Zürich 1900.

3) Neue Denkschriften der allgem. schweiz. Gesellschaft für die Naturwissenschaften **33**, 1—44.

1) Wiedem. Ann. **68**, 821, 1899.

1. 0,09416	6. 0,09482
2. 0,09420	7. 0,09420
3. 0,09434	8. 0,09416
4. 0,09416	9. 0,09420
5. 0,09461	10. 0,09443

Der grösste Unterschied beträgt 0,7 Proz., der Mittelwert: 0,094328; der wahrscheinliche Fehler desselben ist: 0,000048, also 0,10 Proz.

III. Das Wasser wurde diesmal zum Gefrieren gebracht durch Alkohol, der in einem Gemische aus Alkohol und fester Kohlensäure auf -75^0 abgekühlt war. Mit dem Beginn der Versuche wurde mehrere Tage gewartet. Die Resultate sind folgende:

1. 0,09420	4. 0,09437
2. 0,09416	5. 0,09443
3. 0,09464	6. 0,09461

Der grösste Unterschied beträgt 0,5 Proz., das arithmetische Mittel 0,09440, sein wahrscheinlicher Fehler 0,000054, also 0,1 Proz.

Vergleicht man nun die Mittel der einzelnen Beobachtungen untereinander, so ergiebt sich ein Unterschied von nur 0,1 Proz. Man kann also mit Recht schliessen, dass die Schmelzwärme des Eises eine konstante Grösse ist, und dass das Eiskalorimeter auch in Zukunft trotz der Angaben von Herrn Bontschew bei richtig angeordneten Versuchen zur Messung von Wärmemengen dienen kann.

(Eingegangen 15. Februar 1902.)

Über Luftschlieren und Zonenfehler.

Von K. Strehl.

Im Verein mit Herrn cand. math. Hirschmann habe ich folgende Ergebnisse erhalten:

1. Wenn die von einem Sterne gesendete Wellenfläche vor dem Objektiv wellblechähnliche Durchbiegungen von $\lambda/6$ Pfeilhöhe und 1 dm Sehne zeigt, dann ist die Definitionshelligkeit im Brennpunkt für symmetrische (s) bezw. unsymmetrische (u) Lage der Wellenfläche zum Objektiv und verschiedene Öffnungen (in Sechsteln von 1 dm angegeben) folgende (in Prozenten):

Öffnung	6	8	10	12	16	24	30	48
Lage s %	96	71	71	63	54	57	56	55
Lage u %	66	55	51	52	59	55	55	57

Die Wirkung wächst nicht mit dem Kubus der Öffnung, sie geht rasch bis zu einem für grosse Objektive fast konstanten Werte.

2. Wenn die Wellenfläche nach dem Objektiv eine Rotationsfläche vom 6. Grad statt eine Kugel ist und die Längenabweichung in der Achse und am Rande gleich 0, in der Zone 0,707 R gleich 0 ist, dann ist die Definitionshelligkeit im günstigsten Punkte (Mittelpunkt der der Wellenfläche sich möglichst anschmiegenden Kugel) für verschiedene Verhältnisse von Öffnung zu Brennweite folgende (in Prozenten):

Verhältnis	1 : 10	1 : 14,14	1 : 20	%	
$+ \delta$ in cm	1/4	1/2	1	01	λ
$\pm \delta$ in cm	1/8	1/4	1/2	45	=
$+ \delta$ in cm	1/16	1/8	1/4	82	500
$\pm \delta$ in cm	1/32	1/16	1/8	95	$\mu\mu$

Die Hauptfehler der Riesenfernrohre sind die chromatische Aberration und die mechanischen Zonenabweichungen, nicht die Wirkung der Luftschlieren (geringen Grades).

Erlangen, den 6. Februar 1902.

(Eingegangen 8. Februar 1902.)

Erdbebenwellen.[1])

Von Wilh. Schlüter.

I.

Schon gleich um das Jahr 1880, als man in Japan unter Führung von J. Milne begann, die fühlbare Erdbebenbewegung zu registrieren, und man bemerkte, dass die Bebendiagramme zu Beginn eine Serie Schwingungen von kleiner Periode („preliminary tremors" oder „Vorläufer"), dann Schwingungen grösserer Periode („large waves", „lange Wellen" oder „Hauptwellen") zeigen, wurde die Aufmerksamkeit durch diese Hauptwellen in hohem Grade gefesselt. Das Interesse wuchs noch bedeutend, als 10 Jahre später E. v. Rebeur-Paschwitz japanische Beben in Europa registrierte, als man so darauf aufmerksam wurde, dass die Erdbebenschwingungen sich weit über die Grenzen des Fühlbarkeitsbereiches hinaus fortpflanzen und bei Verwendung empfindlicher Apparate auch zu registrieren sind. Die so erhaltenen Fernbebendiagramme zeigten ebenfalls, sogar in noch schönerer Ausbildung, jene beiden Hauptbewegungsgruppen der Vorläufer und langen Wellen. Welcher Art mochten nun die Bewegungen der Erdoberfläche sein, die den langen Wellen der Diagramme zu Grunde liegen? Gerade die bedeutende Grösse der Perioden (bei Fernbeben

1) Vorliegende Arbeit ist ein kurzer Auszug einer in zwei Teile sich gliedernden Abhandlung aus Gerlands Beiträgen zur Geophysik, Bd. V, Heft 2 und 3. Darin sind im Göttinger Geophysikalischen Institut angestellte Untersuchungen besprochen, soweit sie Ende 1900 fertig vorlagen. Der erste Teil der Abhandlung erschien vor dem Abdruck in Gerlands Beiträgen bereits als Inauguraldissertation.

15 bis 30 Sekunden und darüber) mag wohl so stark den Gedanken aufgedrängt haben, dass man es mit einem neigenden Wogen des Erdbodens zu thun habe. Alle die vielen Hypothesen, welche man aufstellte, sei es nun auf Grund der Gravitation, der Elastizität oder dergl., kommen, rein äusserlich, geometrisch aufgefasst, auf dasselbe hinaus: Über die Erdoberfläche sollen Wogen dahineilen wie die Wellen des bewegten Wasserspiegels über den Ozean; und die hierbei auftretenden Neigungen sollen die Seismographen in Bewegung setzen. Diese Anschauung beherrscht von jeher, seit nunmehr 20 Jahren, die ganze seismische Litteratur; und wenn neuerdings A. Schmidt (Stuttgart) nachwies, dass die zweite Möglichkeit zur Erklärung der langen Wellen auf den Diagrammen, die Annahme eines horizontalen Hin- und Herschwingens des Erdbodens, weit kleinere Bewegungsamplituden erfordere, dass also diese Möglichkeit die wahrscheinlichere sei, so konnte dieser Hinweis die herrschende Anschauung keineswegs erschüttern.

Bei einer Frage von solch weitgehendem Interesse fehlte es natürlich nicht an Versuchen, eine Entscheidung herbeizuführen. Wenn sie jedoch nicht gelang, so lag es an einer schon früh von Anderen erkannten Eigentümlichkeit sämtlicher Seismographen: Sie werden durch Neigungen und durch horizontales Hin- und Herschwingen des Erdbodens gleicher Weise in Bewegung gesetzt, man kann also hinterher nicht entscheiden, welche von beiden Bewegungsursachen vorhanden war. Über die innere Ursache dieser Eigentümlichkeit war man sich jedoch noch nicht klar geworden.

Indem ich sie darin erkannte, dass alle Seismographen im Prinzip aus einer starren Masse bestehen, die bei beliebiger Schwerpunktsanordnung um eine feste Achse drehbar ist, lag für mich die weitere Erkenntnis nicht mehr fern: Die Trennung beider Bewegungsarten lässt sich erreichen, wenn man den Schwerpunkt in die Drehungsachse verlegt. Ein Horizontalschwingen des Erdbodens, überhaupt alle Parallelverschiebungen wirken dann nicht mehr ein, es wirken nur noch die Neigungsänderungen.

Damit war der Weg zur Lösung des Problemes vorgezeichnet, welches ich durch die beiden folgenden Fragen präzisieren möchte: 1. Werden die Seismographen durch Neigungen oder durch ein horizontales Schwingen des Erdbodens in Bewegung gesetzt? 2. Liegen den langen Wellen der Diagramme Neigungswellen der Erdoberfläche als Ursache zu Grunde oder was sonst? Beide Fragen decken sich inhaltlich durchaus nicht, wie man später erkennen wird. Unter „Neigungswellen“ fasse ich alle Bewegungsarten der Erdoberfläche zusammen, welche ihre Normale gegen die Schwererichtung periodisch schwanken machen, welche also ein Dahineilen von Wellenberg und -Thal entlang der Erdoberfläche zur Folge haben.

Ich baute daher einen Apparat, den ich seiner Bestimmung gemäss „Klinograph“ nannte. Er ist in seinem Äusseren nichts anderes als ein Wagebalken, welcher statt der Schalengehänge auf jeder Seite in starrer Verbindung ein schweres Gewicht (5 kg) trägt. Das Gerüst dieses Wagebalkens wird gebildet durch zwei sich rechtwinklig kreuzende, an den Enden ringsum durch Drähte verbundene Aluminiumstangen, von denen die horizontale etwa 2 m, die vertikale etwa $^{3}/_{4}$ m lang ist. In der Durchkreuzungsstelle, dem Symmetriecentrum der ganzen Anordnung, ist, rechtwinklig orientiert zur Ebene des Gerüstes, die 5 cm lange Achatschneide eingelassen, mit welcher das Gerüst auf ein Achatlager aufgesetzt wird.

Die Registrierung benutzt das photographische Prinzip mit Hilfe von Spalt, Spiegel und Cylinderlinse. Der Hohlspiegel ist auf ein kleines Stativchen mit zwei Spitzen drehbar aufgesetzt; mit einer dritten, verschiebbaren Spitze lehnt er sich leicht auf einen vom äussersten rechten Armende des Klinographen herabhängenden Bügel. Dieser ganze, für sich in einen Kasten eingeschlossene Apparat ist angebracht an der *EW*-Wand des Beobachtungsraumes, eines Kellers der Göttinger Sternwarte.

Die gegenüberliegende Wand trägt das gesamte Instrumentarium zur Registrierung, den durch eine im Vorkeller brennende Glühlichtflamme erleuchteten, horizontalen Spalt, den Registrierapparat und die davor vertikal aufgestellte Cylinderlinse, welche das vom Hohlspiegel des Apparates entworfene Bild des Spaltes zum Lichtpünktchen auf dem photographischen Papier konzentriert. Die Walze des Registrierapparates hat einen Umfang von 36 cm und dreht sich um ihre vertikale Achse einmal in der Stunde. Gleichzeitig senkt sie sich um 4 mm, so dass vom Lichtpunkt in einem Tage 24 auf dem ausgebreiteten photographischen Papier nebeneinanderlaufende Linien von 36 cm Länge aufgezeichnet werden. — Eine später angebrachte Zeitmarkengebung blendet jede Minute während 2 Sek. und jede Stunde während 10 Sek. das registrierende Licht ab.

Einer instrumentellen Schwierigkeit wäre noch zu gedenken. Der Apparat sollte registrieren mit dem Schwerpunkt in der Drehungsachse, d. h. bei indifferentem Gleichgewicht, was ohne weiteres natürlich praktisch nicht ausführbar ist. Hier leisteten mir die feinen Drähte, welche den Bügel am äussersten Armende

tragen, einen wichtigen Dienst: sie wirken als Federn und verschafften so stabiles Gleichgewicht, wenn der Schwerpunkt in der Drehungsachse lag.

Die zu erwartenden Neigungen betrugen etwa nur 2″ bis 3″; das bedeutet einen Ausschlag des äussersten Klinographen-Armendes von etwa 0,01 bis 0,03 mm, eine mikroskopische Grösse. Wollte ich sie registrieren, so galt es, eine starke Vergrösserung zu erzielen. Dazu musste die Hebelübertragung des Spiegels dienen. Bei passender Wahl der Dimensionen (Entfernung der verschiebbaren Spiegelspitze von der Schneide 100 cm, von der Drehachse des Spiegels 0,7 cm, Spiegel bis photographisches Papier 230 cm) erreichte ich eine 690-fache Vergrösserung der vom Armende des Klinographen gemachten Bewegungen. So ergiebt sich für eine Bogensekunde Drehung des Apparates ein Ausschlag von 3,5 mm auf dem Papier. Man kann daher noch Neigungen von 0,02 Bogensekunden beobachten, d. h. Bewegungen des Armendes von nur 0,00007 mm, Bewegungen, die in ihrer Grösse etwa den 10. Teil der Wellenlänge des Lichtes in der D-Linie ausmachen.

Und bei solch kleinen Ausschlägen arbeitete der Apparat noch mit vollkommener Präzision. Alle Befürchtungen, die Schneide könne wegen der starken Belastung bei jenen schwachen Schwingungen haften oder sie könne auf dem übrigens stets horizontal gehaltenen Lager gleiten, erwiesen sich als unbegründet.

Nun erforderte eine wissenschaftlich strenge Behandlung des vorliegenden Problems nicht nur eine qualitative, sondern auch eine quantitative Untersuchung. Bis dahin hatte man sich jedoch bei allen Rechnungen damit begnügt, einfach anzunehmen, dass die Apparate den Neigungen der Erde vollkommen folgen, was natürlich nur für unendlich langsame Neigungen zutrifft, hatte die Einwirkung der Bodenbewegung auf die Apparate also statisch behandelt anstatt dynamisch. Welch ungenügende und falsche Resultate dabei erhalten wurden, lässt sich denken. So musste ich zuvor noch die Theorie der seismischen Apparate für Neigungen geben, speziell meines Klinographen und des zum Vergleich notwendigen Horizontalpendels.

Für meinen Apparat nahm ich an, dass er noch durch eine Federkraft in seiner Gleichgewichtslage gehalten würde, und dass der Schwerpunkt irgendwo unter oder über der Drehungsachse liege. Die Theorie gestaltet sich so weit allgemeiner, als hier unbedingt notwendig ist; sie wird so gültig für jedes Vertikalpendel. Als Differentialgleichung der Bewegung ergiebt sich dann eine Gleichung von der Form:

$$1)\qquad \frac{d^2\varphi}{dt^2} + A\frac{d\varphi}{dt} + B\varphi + C\sin st = 0,$$

wo φ der Drehwinkel des Apparates gegen die sich neigende Erdoberfläche ist und A, B, C Konstanten:

$$2)\qquad \begin{cases} A = \dfrac{4\Delta}{T} \\[2ex] B = \dfrac{4\pi^2}{T_1^2} \\[2ex] C = 4\pi^2\,\Gamma\left[\dfrac{1}{T_0^2} - \dfrac{1}{\tau^2}\left(1 - \dfrac{S'}{M}\right)\right]. \end{cases}$$

$s = \frac{2\pi}{\tau}$ dient zur Abkürzung; τ ist die Periode der in Sinusschwingungen $\psi = \Psi \sin st$ angenommenen Erdneigung, T die Eigenperiode des Apparates, T_1 seine Eigenperiode bei Fortfall der Dämpfung, T_0 seine Eigenperiode bei Fortfall von Dämpfung und Federkraft, Δ das log. Dämpfungsdekrement, m die Masse des Apparates, M sein Trägheitsmoment, l der Schwerpunktsabstand von der Drehachse, S' das Trägheitsmoment eines fingierten Spiegelgehänges $= \frac{d_1^2}{d_2^2} S$, wo d_1 und d_2 die Abstände der verschiebbaren Spiegelspitze von der Hauptachse des Apparates und der Drehachse des Spiegels bedeuten und S das Trägheitsmoment des wirklichen Spiegels.

Das allgemeine Integral der Differentialgleichung wird:

$$3)\quad S = e^{-\frac{At}{2}}\left(C' \cos t\sqrt{B - \frac{A^2}{4}} + C'' \sin t\sqrt{B - \frac{A^2}{4}}\right) - \frac{C}{\sqrt{(B - s^2)^2 + A^2 s^2}} \sin\left(st - \operatorname{arc\,tg}\frac{As}{B - s^2}\right).$$

C', C'' sind Integrationskonstanten.

Diese Lösung des Bewegungsproblems giebt jede gewünschte Auskunft betreffs der Bewegung der Apparate. Den ersten Teil der rechten Seite kann man ohne weiteres weglassen. Denn, falls keine Dämpfung vorhanden ist ($A = 0$), giebt er eine Eigenschwingung des Apparates mit willkürlicher (weil C', C'', willkürlich) Amplitude. Falls Dämpfung vorhanden, giebt er eine Schwingung angenähert mit der Eigenperiode und wiederum willkürlicher Amplitude; zudem stellt der Faktor $e^{-\frac{At}{2}}$ eine mit wachsendem t sehr schnell abnehmende Grösse vor, d. h. diese Schwingung wird sehr schnell vernichtet.

Die weitere Diskussion kann sich also auf den zweiten Teil beschränken:

$$4)\quad \varphi = -\frac{C}{\sqrt{(B-s^2)^2 + A^2 s^2}} \sin\left(st - \operatorname{arc\,tg}\frac{As}{B-s^2}\right)$$

Nehmen wir zunächst Fehlen der Dämpfung an ($A = 0$, $T = T_1$) und setzen für A, B, C, s ihre Werte ein:

$$5)\qquad -\left(\frac{\tau^2}{T^2} - 1 + \frac{S'}{M}\right)\frac{T^2}{\tau^2 - T^2}\cdot \Psi \sin\frac{2\pi}{\tau}t.$$

Durch das Glied $\frac{S'}{M}$ wird allgemein die Einwirkung des Spiegelgehänges auf die Bewegungen des Apparates angegeben. Hier beim vorliegenden Klinographen sind die Dimensionen so gewählt, dass das Glied Null gesetzt werden, die Einwirkung des Spiegels also vernachlässigt werden kann. Führt man noch statt φ die Ordinate $z = L\varphi$ des Diagrammes und die durch diese Gleichung definierte „mechanische Zeigerlänge" L ein, so kommt:

$$6)\qquad z = -L\frac{T^2}{T_0^2}\frac{\tau^2 - T_0^2}{\tau^2 - T^2}\Psi \sin\frac{2\pi}{\tau}t.$$

Diese Formel stellt z dar als Funktion der Erdneigung ψ. z ist ψ proportional, also ebenfalls eine Sinusschwingung, und zwar gleicher Periode, gleicher Phase. Die Formel giebt weiter die Abhängigkeit der Aufzeichnung z von den Parametern T, T_0 und, was im einzelnen besonders interessant ist, von der Periode τ der Erdbodenbewegung.

Ist Dämpfung vorhanden, so kann man nach Einsetzen der Werte von A, B, C, s und T_1 gemäss

$$T = T_1\sqrt{1 + \frac{\Delta^2}{\pi^2}}$$

die erhaltene komplizierte Formel noch etwas vereinfachen, wenn man den geringfügigen Unterschied von T und T_1 vernachlässigt:

$$z = -Z\sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - arc\,tg\frac{2\Delta\tau T}{\pi(\tau^2 - T^2)}\right),$$

wo die Amplitude Z:

$$7)\qquad Z = \frac{\pi L T^2\left(\frac{\tau^2}{T_0^2} - 1\right)\Psi}{\sqrt{\pi^2(\tau^2 - T^2)^2 + 4\Delta^2\tau^2 T^2}}.$$

Die Aufzeichnung besteht also wieder aus Sinusschwingungen von der Periode der Erdbebenbewegung. Doch hat, wie man sieht, die Dämpfung hier einmal bewirkt, dass die Amplituden kleiner geworden sind, und ferner, dass eine Phasenverschiebung der aufgezeichneten Sinusschwingung gegen die Schwingung des Erdbodens eintritt.

Die Theorie des Horizontalpendels für Neigungen gestaltet sich nicht wesentlich anders. Als Differentialgleichung der Bewegung erhält man ebenso eine Gleichung von der Form 1), wobei A, B, s dieselbe Bedeutung haben wie zuvor, während

$$C = \frac{4\pi^2}{T_1^2}\Theta,$$

wo Θ als Amplitude von $\vartheta = \Theta \sin st$ definiert ist, und ϑ der Winkel der variablen Gleichgewichtslage des Pendels mit der ursprünglichen. Infolgedessen resultiert auch dieselbe allgemeine Lösung 3), deren zweiter Teil für die Diskussion wieder allein von Belang ist. Benutzen wir die alten Bezeichnungen, so giebt dieser für den Fall fehlender Dämpfung:

$$8)\qquad z = -L\frac{\tau^2}{\tau^2 - T^2}\Theta \sin\frac{2\pi}{\tau}t.$$

Für z, als Funktion von ϑ betrachtet, ergeben sich hieraus die gleichen Gesetze wie zuvor und ähnliche Gesetze betreff der Abhängigkeit von den Parametern τ, T. Ist Dämpfung vorhanden, so folgt, indem wieder $T = T_1$ gesetzt wird, als Endformel:

$$z = -Z\sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t - arc\,tg\frac{2\Delta\tau T}{\pi(\tau^2 - T^2)}\right),$$

wo die Amplitude Z:

$$9)\qquad Z = \frac{\pi L \tau^2 \Theta}{\sqrt{\pi^2(\tau^2 - T^2)^2 + 4\Delta^2\tau^2 T^2}}.$$

Der Klinograph registrierte, mit dem Schwerpunkt in der Schneide, vom 1. August bis 21. September 1899. Von den zahlreichen, zum Teil grossen Erdbeben, welche während dieser Zeit von dem Horizontalpendel aufgezeichnet wurden, gab er zu meiner eigenen grossen Überraschung nichts an. Eines der grössten jener Beben untersuchte ich mit Hilfe der besprochenen Theorie rechnerisch genauer. Es musste dabei unter Annahme reiner Neigungsschwingungen auf Grund der vom Horizontalpendel gegebenen Ausschläge festgestellt werden, welche Ausschläge der Klinograph hätte zeigen müssen. Zu dem Zwecke war die Amplitude Z_{HP} des Horizontalpendels in Formel 9 einzuführen und mit dem sich so auf Grund von $\Theta i_0 = \Psi$ (i_0 Neigung der Drehachse dek Horizontalpendels gegen die Vertikale) ergebenden Wert von Ψ in Formel 7 einzugehen, wobei in beiden Formeln der sin gleich 1 zu setzen war. Die nachstehende Tabelle giebt die so berechneten Ampliduten Z_K, welche beim Vorhandensein reiner Neigungsschwingungen der Klinograph zeigen müsste, für verschiedene Stellen des Erdbebendiagramms. Daneben stehen die zugehörigen Perioden τ des Erdbebens und die Ampliduten Z_{HP} des Horizontalpendels, ausserdem die nach der Theorie berechneten, eventuellen Neigungen Ψ der Erdnormalen.

Erdbeben v. 11. XI. 1899	τ	Z_{HP}	Z_K	Ψ
1. Stadium der Vorläufer	4s	0,2 mm	1,2 mm	0,36″
1. " " "	8	0,2 "	0,36 "	0,10
2. " " "	10	0,8 "	1,04 "	0,23
Hauptwellen	14	5,0 "	6,3 "	0,95
"	38	15,0 "	4,2 "	3,10

Wie man sieht, hätte der Klinograph stark auffallende, zum Teil beträchtliche Ausschläge geben müssen. Und doch ist nichts davon zu sehen.

Auf unsere Frage: 1. Werden die Seismographen der heutigen Zeit durch Neigungen oder durch ein horizontales Hin- und Herschwingen in Bewegung gesetzt? müssen wir also das erstere verneinend, das letztere bejahend antworten: Weder die Vorläufer noch die Hauptwellen eines Erdbebendiagrammes sind zurückzuführen auf Neigungsschwingungen der Erde. Die bisher unter den Seismologen fast allgemein verbreitete Anschauung, dass die Apparate bei der Aufzeichnung der langen Wellen durch Neigung in Bewegung gesetzt werden, ist irrig. Es kann die bisher an den Seismographen beobachtete Bewegung nur hervorgerufen worden sein durch „Translationsschwingungen" des Erdpartikelchens, wie man im Gegensatz zu den Neigungsschwingungen die Schwingungen mit geradliniger oder elliptischer Bahn bezeichnen könnte.

Unsere weitere Frage: Liegen den langen Wellen der Diagramme Neigungswellen der Erdoberfläche als Ursache zu Grunde? haben wir damit jedoch noch nicht beantwortet. Denn wir können von den Neigungsschwingungen nicht etwa behaupten, dass sie nicht existieren, sondern nur, dass sie für die modernen Seismographen unmerklich klein sind. An zwei Möglichkeiten ist noch zu denken. Entweder fehlt eine jede Neigung völlig. Dann haben wir in den Erdbeben reine Translationsschwingungen vor uns; man denke z. B. an eine horizontale, rein longitudinale Schwingungsbewegung, oder man stelle sich vor, dass alle Teilchen der Erdoberfläche zugleich in gleicher Weise gleiche Ellipsen in einer horizontalen, schrägen oder vertikalen Ebene durchlaufen. Oder aber es sind Neigungen, dann, wie wir wissen, von unmerklich geringer Grösse, vorhanden. In diesem Falle sind die Erdbebenbewegungen doch Neigungswellen, allerdings nicht von der Höhe, wie es den zuvor erwähnten, bisherigen Anschauungen der Seismologen entspricht, sondern von sehr viel geringerer Höhe. Die Wellenhöhe müsste nur so gering, dagegen die Wellenlänge so gross sein, dass die dabei auftretenden Neigungen zu klein sind, um auf die modernen Seismographen trotz ihrer hohen Empfindlichkeit einwirken zu können, während der translatorische Teil der Bewegung von den Apparaten ohne Schwierigkeit angegeben wird.

Die Entscheidung dieser Fragen bringen die weiteren Untersuchungen.

(Eingegangen 12. Februar 1902.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

B. Walter (Hamburg), Bericht über die auf der Röntgenausstellung der 73. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg ausgestellten Apparate.

Die Ausstellung, welche in den Räumen des physikalischen Staatslaboratoriums stattfand, war von sämtlichen, für das Röntgenfach in Betracht kommenden deutschen Firmen auf das reichhaltigste beschickt, und es lohnte sich der Besuch derselben besonders deswegen, weil jeder Apparat auf Wunsch des Besuchers in vollgültigem Betriebe vorgeführt wurde. Den Ausstellern stand nämlich zu diesem Zwecke sowohl Gleich- als Wechselstrom zur Verfügung, und es waren ferner auch sämtliche von ihnen eingenommenen Räume zum Verdunkeln eingerichtet, so dass also auch die Wirkungen der Röntgenstrahlen selbst jeden Augenblick gezeigt werden konnten.

Vom physikalischen Gesichtspunkte aus dürfte nun über die ausgestellten Apparate etwa das Folgende zu bemerken sein.

Die Schlagweite der für bessere Röntgeneinrichtungen bestimmten Induktoren lag fast ausnahmslos zwischen 40 und 60 cm; und es hatte nur die bekannte Baseler Firma Fr. Klingelfuss & Co. einige Instrumente ausgestellt, deren Funkenlänge über die genannte Grenze hinausging. Von denselben erregte besonders ein Meterinduktor das Interesse der Besucher; und es verdient hervorgehoben zu werden, dass der Apparat diese Schlagweite thatsächlich — und zwar sowohl mit Quecksilber- als mit Wehneltunterbrecher — gab. Kleinere Induktorien von 20 bis 30 cm Schlagweite waren fast nur für transportable Röntgeneinrichtungen mit Akkumulatorenbetrieb vorgesehen, wie sie besonders für Kriegszwecke, sowie auch für Aufnahmen ausserhalb des Hauses verlangt werden. Als Unterbrecher diente im letzteren Falle fast ausschliesslich der Platinfederunterbrecher weil er sich eben durch einen verhältnismässig geringen Verbrauch an elektrischer Energie auszeichnet. Die kompendiöseste dieser Einrichtungen war diejenige der Voltohm-Gesellschaft, München, etwas grösser diejenige von S. Zossenheim, Hamburg, noch etwas grösser diejenige von W. A. Hirschmann, Berlin und ganz erheblich viel grösser und natürlich auch leistungsfähiger endlich diejenige von Max Kohl, Chemnitz. Bei den zuerst genannten beiden Firmen waren die betreffenden Apparate

zugleich auch für den Betrieb mit Wehneltunterbrecher eingerichtet, was in dem Falle von Bedeutung ist, wo dem Besitzer gleichzeitig eine grössere Betriebsspannung, z. B. diejenige eines städtischen Leitungsnetzes, zur Verfügung steht. Dann nämlich lassen sich bei Anwendung des genannten Unterbrechers auch mit diesen verhältnismässig kleinen Apparaten schon recht beträchtliche Energiemengen in die Röntgenröhre hineinschicken, wenn freilich auch der Betrieb damit immer hinter demjenigen mit grösseren Induktoren zurückstehen wird.

Es war nämlich gerade diese Frage: ob bei der grossen Leistungsfähigkeit unserer modernen Unterbrecher nicht die grossen und teueren Induktorien im Röntgenbetriebe allmählich durch kleinere und billigere Instrumente ersetzt werden könnten, der Gegenstand der Diskussion einer von der Ausstellungsleitung eigens zu diesem Zwecke einberufenen Versammlung; und dabei sprach sich die weitaus überwiegende Zahl der Teilnehmer hierüber im negativen Sinne aus, wenn auch die Meinungen über den Grund für die Notwendigkeit der Beibehaltung der grossen Instrumente noch sehr auseinandergingen. Nach der Ansicht des Berichterstatters ist der Vorzug der grossen Induktorien hauptsächlich darin begründet, dass man damit in der Lage ist, die Röntgenröhren wesentlich länger auszunutzen, da nämlich die letzteren, wenn sie älter werden, bei Anwendung einer grösseren Funkenlänge doch wesentlich besser arbeiten, als in Verbindung mit einem kleineren Induktor und zwar selbst dann, wenn sie eine Vorrichtung zur künstlichen Erniedrigung des Vakuums besitzen.

Jedenfalls ist es Thatsache, dass ein Röntgenpraktiker, für den die Kostenfrage keine Rolle spielt, unbedingt dem grösseren Induktor den Vorzug giebt, und so hatten denn auch, wie schon gesagt, alle für bessere, stationäre Röntgeneinrichtungen bestimmten Induktoren zum mindesten eine Schlagweite von 40 cm. Auch war für derartige Instrumentarien in keinem Falle mehr ein Platinunterbrecher vorgesehen, sondern es wurde dabei entweder der Quecksilber- oder der Wehneltunterbrecher verwendet. Von diesen war der erstere mit einer Ausnahme nahme nur in seinen beiden bekannten Formen, dem Motorstift- und dem Strahlunterbrecher (Turbinenunterbrecher) vertreten, ja es hatte sogar den Anschein, als ob die erstere Form allmählich immer mehr durch die letztere verdrängt wird. Diese Erscheinung ist natürlich darauf zurückzuführen, dass man mit dem Strahlunterbrecher eine ganz erheblich grössere Zahl von Entladungen erzielen kann, als mit dem in Quecksilber ein- und austauchenden Stift.

Die oben erwähnte Ausnahme unter diesen Unterbrechern ferner wurde von dem Hirschmannschen Turbinenunterbrecher gebildet, bei welchem das Quecksilber eigentlich nur eine nebensächliche Rolle spielt, da hier die Schliessung und Öffnung des primären Stromes dadurch bewirkt wird, dass eine Messingfeder gegen einen, um eine vertikale Achse rotierenden Cylinder aus Isoliermaterial schleift, in welchen Kontaktsektoren aus Messing eingelassen sind. Dabei befinden sich alle diese Metallteile natürlich, um den Öffnungsfunken zu unterdrücken, innerhalb einer isolierenden Flüssigkeit, während andererseits wieder, um hier doch einen guten Kontakt zu erzielen, der rotierende Cylinder mit seinem untersten Ende in Quecksilber taucht und nun von diesem bei seiner Rotation durch eine passend in demselben angebrachte Rinne ein genügendes Quantum davon turbinenartig in die Höhe saugt, so dass also diese Flüssigkeit hier sozusagen nur als Schmiere für die Messingkontakte dient. Dieser originelle Apparat giebt denn auch thatsächlich ungefähr dieselbe Leistung wie die Strahlunterbrecher, er teilt aber natürlich auch mit ihnen den Nachteil, dass er wegen der starken Schlammbildung eine ziemlich häufige Reinigung erfordert.

Diese Übelstände haften dem Wehneltunterbrecher nicht an, und es ist daher begreiflich, dass mehrere Firmen der Ausstellung, nämlich Siemens & Halske, Berlin und R. Seifert & Co., Hamburg, sich ausschliesslich auf die Verwendung dieses neuesten und wirksamsten aller Unterbrecher beschränkt hatten. Dabei arbeiteten die Instrumentarien dieser beiden Aussteller mit der vom Berichterstatter angegebenen Schaltung, die im wesentlichen auf die Benutzung einer Primärspule mit veränderlicher Selbstinduktion in Verbindung mit einem Unterbrecher mit mehreren Platinstiften von verschieden grosser Oberfläche hinausläuft. Durch die erstere Einrichtung sind wir nämlich — wegen der Eigentümlichkeit des Wehnelt, bei Anwendung einer bestimmten primären Selbstinduktion bei jeder Belastung nahezu dieselbe Funkenlänge zu geben — zunächst in der Lage, die Länge der Funken unseres Induktors beliebig abzustufen, während wir ferner durch die Benutzung verschieden langer Stifte auch die Möglichkeit haben, die Dicke oder Stromstärke dieser Funken in weiten Grenzen zu variieren. Endlich lässt sich aber auch die Zahl der Entladungen in der Zeiteinheit beim Wehnelt in sehr einfacher Weise durch Ein- und Ausschalten von Widerstand beliebig festsetzen, so dass wir hier also sozusagen drei voneinander abhängige Regulierungsmöglichkeiten in der Hand haben, während bei den älteren Unterbrechern die beiden zuerst erwähnten Möglichkeiten vollständig ineinander verschwimmen. In der Röntgentechnik macht sich dies nun in der Weise geltend, dass wir bei Anwendung der

hier in Rede stehenden Schaltung in der Lage sind, eine jede Röhre — je nach dem Grade ihrer Härte — mit der für sie passenden Funkenlänge und Stromstärke zu betreiben, wobei noch hinzukommt, dass auch der Wehneltunterbrecher selbst nur dann gut und sicher unterbricht, wenn man die Selbstinduktion der mit ihm zusammenarbeitenden Primärspule des Induktors um so mehr erhöht, je weicher die in den sekundären Stromkreis eingeschaltete Röntgenröhre ist. Es liegt dies natürlich daran, dass ohne diese Massregel die grösseren Stromstärken, die dann durch die sekundäre Rolle gehen, die Selbstinduktion der primären unter das notwendige Mass herabsetzen würden.

Bis zu einem gewissen Grade der Vollkommenheit lässt sich allerdings den Anforderungen eines guten und vielseitigen Röntgenbetriebes in diesem Falle auch schon bei Anwendung von nur einer einzigen Selbstinduktion in Verbindung mit nur einer einzigen Grösse der aktiven Oberfläche des Unterbrechers genügen, wobei dann allerdings beide Grössen sehr sorgfältig zu einander abgestimmt sein müssen und auch der Induktor nicht zu klein genommen werden darf. Eine solche „billige Einrichtung mit elektrolytischem Unterbrecher" hatte Dr. Max Levy, Berlin, ausgestellt, der dazu einen Induktor von 50 cm Schlagweite in Verbindung mit einem Simonunterbrecher in Ruhmerscher Ausführung benutzte (s. diese Zeitschrift **2**, 742, 1901).

Ferner sei hier noch auf die von Siemens & Halske ausgestellte vollständige Kriegsausrüstung hingewiesen, die ihren Strom völlig selbständig in einer direkt mit Benzinmotor gekuppelten Dynamomaschine erzeugte, und bei der man demnach auch im Gegensatze zu den oben erwähnten transportablen Einrichtungen nicht mehr auf die Benutzung einer Akkumulatorenbatterie angewiesen war. Der Motor machte sich den Besuchern der Ausstellung schon durch den Lärm und Dunst, welchen er entwickelte, in nicht gerade angenehmer Weise bemerkbar, der Betrieb mit demselben war aber sonst ein ganz vorzüglicher.

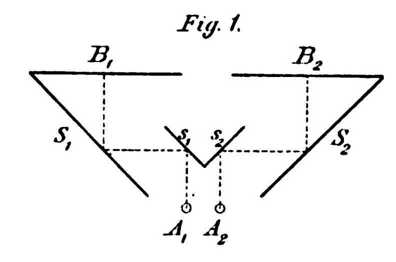
Was sodann die ausgestellten Röntgenröhren anbetrifft, so erregten darunter besonders diejenigen für starke Belastung ein besonderes Interesse, wenn dieselben allerdings auch ihres verhältnismässig hohen Preises wegen in der Röntgentechnik meist nur für ganz besondere Zwecke, wie Momentaufnahmen und schwierige Durchleuchtungen, Verwendung finden. Das charakteristische Merkmal derselben besteht bekanntlich darin, dass die Antikathode eine derartige Gestalt besitzt, dass dieselbe von dem mehr und mehr verstärkten Kathodenstrahlenbündel nicht so leicht zusammengeschmolzen werden kann. Dies erreichen E. Gundelach, Gehlberg und die Voltohm-Gesellschaft, München dadurch, dass sie als Antikathode einen sehr dicken Metallklotz anwenden, während C. H. F. Müller, Hamburg, auf Anregung des Berichterstatters zuerst die Wasserkühlung einführte, indem er der Antikathode die Form eines Gefässes gab, dessen Boden aus einem kleinen Platintiegel mit cylindrisch aufgebogener Mantelfläche besteht, deren oberer Rand dann direkt in einen als Verlängerung dienenden Glascylinder eingeschmolzen ist. Derartige Röhren vertragen dauernd etwa die 3—4fache Belastung der gewöhnlichen, und sind natürlich den letzteren auch besonders für Momentaufnahmen vorzuziehen.

Zur Regulierung des Vakuums ferner benutzt Gundelach jetzt ausschliesslich die Villardsche Vorrichtung, bei der ein kleines an die Röhre angeschmolzenes Platinröhrchen am besten während des Betriebes mit einer isoliert brennenden Flamme (Spirituslampe oder dergl.) erhitzt wird, aus der dann der aus den Verbrennungsgasen dissoziierte Wasserstoff durch das glühende Platin hindurch in die Röhre tritt. Müller, Hamburg, dagegen hat eine andere Reguliermethode eingeführt, bei der seitlich an die Hauptröhre eine kleine, mit derselben in direkter Verbindung stehende Nebenröhre angeschmolzen ist, in welcher sich eine Kathode aus Glimmer befindet. Diese läuft nach aussen zu in einen, um ein Scharnier drehbaren Metallhebel aus, dessen freies Ende sich der Kathode der Hauptröhre bis auf einen beliebigen Abstand nähern lässt. Will man nun die letztere weicher machen, so führt man jenen Hebel so weit an diese Kathode heran, bis Funken zwischen beiden überspringen. Dann geht der Strom durch die Nebenröhre und entwickelt aus der Glimmerkathode derselben etwas Gas, das die Höhe des Vakuums herabsetzt. Ja, wenn man den Abstand zwischen Hebel und Hauptkathode richtig einstellt, so kann man sogar bewirken, dass jener Funkenübergang von selbst aufhört, sobald die Härte der Röhre den gewünschten Grad erhalten hat, so dass demnach diese Reguliervorrichtung bis zu einem gewissen Grade als eine, auch während des Betriebes automatisch wirkende bezeichnet werden kann. Für physikalische Aufnahmen, bei denen es darauf ankommt, den Härtegrad der Röhre möglichst lange konstant zu erhalten, ist dies natürlich von ganz besonderer Bedeutung.

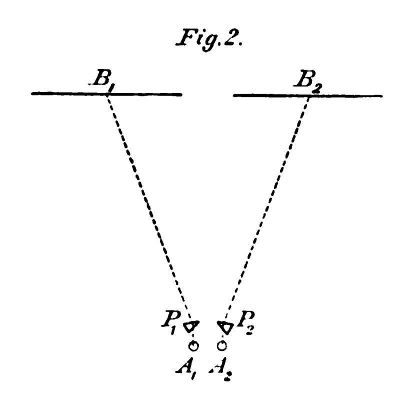
Eine andere Neuheit auf diesem Gebiete wurde ferner noch von Hirschmann, Berlin, vorgeführt, der zur Herabsetzung des Vakuums einer Röntgenröhre direkt von aussen her Luft in dieselbe einführt. Es war nämlich zu diesem Zwecke eine sehr enge Kapillare an die Röhre geschmolzen, gegen deren äusseres Ende für gewöhnlich eine Gummidichtung presst, die

aber im Bedarfsfalle durch eine Verschraubung für einen sehr kurzen Moment abgehoben werden kann.

Von den sonstigen auf der Ausstellung befindlichen Apparaten dürften als Neuheit nur noch die auf Anregung des Berichterstatters von A. Krüss, Hamburg angefertigten Röntgenstereoskope zu erwähnen sein, mit deren Hilfe es möglich wird, für die stereoskopische Betrachtung direkt die zu diesem Zwecke aufgenommenen Originalröntgenplatten zu benutzen, während man sich bis dahin — in Deutschland wenigstens — zu diesem Zwecke stets erst eine für die gewöhnlichen Stereoskope des Handels passende Verkleinerung machte, ein Verfahren, das einerseits umständlich war und andererseits natürlich auch die Feinheiten der Originale bis zu einem mehr oder minder hohen Grade verloren gehen liess. Die neuen Stereoskope waren in zwei verschiedenen Ausführungen vertreten, von denen die eine (Fig. 1) im we-



sentlichen aus vier Spiegeln S_1; S_2; s_1; s_2; die andere (Fig. 2) dagegen in der Hauptsache aus zwei achromatischen Prismen P_1 und P_2 bestand.



Von den übrigen Bezeichnungen der beiden Figuren bedeuten B_1 und B_2 das zu betrachtende Bilderpaar und A_1 und A_2 die beiden Augen des Beobachters, während der Gang der Mittelstrahlen durch punktierte Graden angedeutet ist.

Die Betrachtung derartiger Bilder ist nicht bloss ausserordentlich lehr- und genussreich, sondern auch sehr häufig, z. B. bei der Aufsuchung von Fremdkörpern oder der Feststellung der Lage der Knochenenden bei Verrenkungen und Brüchen, von grosser diagnostischer Bedeutung.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Harburger Gummi-Kamm-Co. (Inhaber Dr. Heinrich Traun) sich mit einer grossen Anzahl ihrer, ja auch in der Röntgentechnik eine so grosse Rolle spielenden Hartgummifabrikate, und zwar vor allem mit sehr grossen Rohren und Platten aus diesem Materiale, an der Ausstellung beteiligt und die letzteren auch in der bereitwilligsten Weise für Durchschlagsversuche zur Verfügung gestellt hatte. Für diese Versuche war speziell eine 2 cm dicke und 1 m im Quadrat haltende Platte hergestellt, auf welche, um auch die 1 m langen Funken des Klingelfussschen Induktors nicht um ihre Ränder herumschlagen zu lassen, beiderseits in der Mitte zwei etwa 15 cm lange Hartgummirohre aufvulkanisiert waren. Dieselben erfüllten ihren Zweck in der vollkommensten Weise, denn es ging bei diesen Versuchen thatsächlich nicht ein einziger der meterlangen Funken jenes Induktors um die Ränder der Platte herum, während bei anderen Platten derselben Grösse, die nicht mit solchen Rohrstutzen versehen waren, schon die Spannung eines 50 cm langen Funkens genügte, um sich von den beiderseits in der Mitte der Platte aufgesetzten Elektroden her einen Weg um den Rand derselben herum zu bahnen.

Bei den Versuchen mit der erstgenannten Platte gelang es nun nicht, die letztere mit den meterlangen Einzelfunken des Klingelfussschen Induktors zu durchschlagen, trotzdem die Elektroden, die, nebenbei gesagt, durch sehr dicke Hartgummirohre isoliert waren, beiderseits unmittelbar auf die Oberfläche der Platte aufgesetzt wurden.

(Eingegangen 24. Oktober 1901.)

REFERATE.



Technische Mechanik.

Besorgt von Professor E. Meyer.

A. Lafay, Experimentaluntersuchungen über die Deformationen bei der Berührung elastischer Körper. (Annales de Chimie et de Physique, Juni 1901);

Stribeck, Kugellager für beliebige Belastungen (Zeitschr. d. Vereins D. Ingenieure 1901, Heft 34).

Die vorliegende Arbeit behandelt Versuche zur Prüfung der Hertzschen Formeln für die Deformationen zweier sich berührender fester Körper. Der Verfasser verfolgte den Zweck,

die Grösse der Fehler festzustellen, welche bei Endmessungen mit Massstäben, deren Enden kugelförmig abgerundet sind, durch Deformation derselben entstehen. Die Versuche erstrecken sich daher nur auf kleine Drucke und Zusammendrückungen von höchstens 0,002 mm. Es wurden Bolzen aus gehärtetem Stahl und aus Bronze, mit kugelförmigen Endflächen von 5 mm bis 250 mm bezw. 5 mm bis 160 mm Krümmungsradius, und solche mit ebenen Endflächen unter Drucken von 0,1 kg bis 3,5 kg zur Berührung gebracht, die Zusammendrückungen mit Hilfe von Newtonschen Farbenringen gemessen. Bronze zeigte schon innerhalb der angegebenen Belastungsgrenzen bleibende Deformation, während bei Stahl Erscheinungen von Hysteresis auftraten. Die Hertzsche Formel für die Zusammendrückung α zweier Körper aus gleichem Material mit den Krümmungsradien R_1 und R_2 lautet: $\alpha = 1{,}23 \sqrt[3]{\frac{p^2}{E^2}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)}$ wenn p die Belastung, E den Elastizitätskoeffizienten des Materials bedeutet. Die Werte von α, welche bei Versuchen mit $R_2 = \infty$ gefunden wurden, stimmen auffallenderweise nur für kleine Radien R_1 mit der Theorie überein, bei grösseren Werten von R_1 waren die gemessenen Zusammendrückungen kleiner als die berechneten. Nach der Formel ist α, bei gegebenem R_1, proportional $p^{\frac{2}{3}}$; die Versuchswerte von α nähern sich aber mit wachsendem R_1 mehr und mehr der Formel $\alpha = c \cdot p^{\frac{1}{2}}$, wo mit c der Faktor $1{,}2 \sqrt[3]{\frac{1}{E^2 R_1}}$ bezeichnet ist. Da bei der Ableitung der Hertzschen Formel vorausgesetzt ist, dass α klein ist gegen R, so sollte man eher eine Abweichung bei Versuchen mit kleinen Krümmungsradien erwarten, für welche $\frac{\alpha}{R}$ relativ gross ist. Die Abweichungen sind so gross und ihre Zunahme mit zunehmendem R_1 so stetig, dass man sie nicht in das Gebiet der Versuchsfehler verweisen kann. Die naheliegende Vermutung, dass Reibung in der Berührungsfläche die Resultate beeinflusste, schien sich nicht zu bestätigen, da durch Einölen der Berührungsflächen sich nichts änderte. Dabei ist aber zu bedenken, dass bei den sehr bedeutenden Pressungen, welche auftraten, das Öl wohl vollständig ausgepresst wurde; der Verfasser führt selber an, dass die Dicke der Ölschicht nicht mehr messbar war.

Der aus Versuchen mit kleinen Krümmungsradien ermittelte Wert für den Elastizitätskoeffizienten von Stahl stimmte mit dem durch einen Zugversuch gefundenen Wert überein, dagegen war der aus α ermittelte Elastizitätskoeffizient für Bronze erheblich grösser, als ihn der Zugversuch gab. Die Versuche wurden auch auf andere Materialien ausgedehnt. Die Zusammendrückungen zweier Gelatinekugeln entsprachen annähernd der Theorie. Bei Versuchen mit Glaskugeln, die auf Körper aus Stahl, Silber und Quarz mit ebenen Endflächen gedrückt wurden, zeigte sich wieder das überraschende Resultat, dass die Übereinstimmung der gemessenen Zusammendrückungen mit den berechneten zunahm mit zunehmender Deformation: Der nach der Theorie konstante Wert $\frac{a^2}{\alpha}$ (a Radius der kreisförmigen Berührungsfläche) näherte sich mit wachsender Belastung mehr und mehr dem Wert, den die Formel liefert. Die aus den Versuchsergebnissen zurückgerechneten Elastizitätskoeffizienten der genannten Materialien zeigten aber richtige Verhältnisse, so dass die Möglichkeit vorliegt, durch vergleichende Versuche dieser Art die Koeffizienten von seltenen Substanzen an kleinen Stücken derselben zu bestimmen, mit denen man die sonst zur Bestimmung des elastischen Verhaltens üblichen Versuche nicht anstellen kann.

Über Versuche aus demselben Gebiet, aber mit bedeutend höheren Belastungen hat Professor Stribeck, Kugellager für beliebige Belastungen, Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1901 Heft 3/4 berichtet. Es handelt sich dabei um die Ermittelung der zulässigen Belastung von Kugellagern, insbesondere der Abhängigkeit der zulässigen Belastung vom Kugeldurchmesser. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass entweder drei gleiche, gehärtete Stahlkugeln übereinander oder eine gehärtete Stahlplatte zwischen zwei gleichen Stahlkugeln unter einer Presse bedeutenden Drucken ausgesetzt wurden. Mittels eines Martensschen Spiegelapparates wurde dann die gegenseitige Annäherung der beiden äusseren Kugeln gemessen; die Ablesung im Fernrohr gab dabei die 1000-fache Annäherung zweier benachbarter Körper. Hinsichtlich der Übereinstimmung mit der Hertzschen Theorie zeigt sich nun ein merkwürdiger Unterschied zwischen den Ergebnissen der Versuche von Lafay und Stribeck. Obgleich bei letzteren die Proportionalitätsgrenze schon durch die kleinste Last, die aufgebracht wurde, in der Mitte der Berührungsfläche bei weitem überschritten wurde, sind die zu Anfang gemessenen Zusammendrückungen in der Regel nur um weniger als 1% grösser, als die Hertzsche Formel angiebt.

Es sollte in erster Linie festgestellt werden, in welcher Weise das Auftreten merklicher bleibender Deformationen vom Kugeldurchmesser d

abhängig ist. Ein konstantes Verhältnis $\frac{\delta_b}{\delta}$ zwischen bleibender und gesamter Zusammendrückung ergab sich stets für Belastungen P, welche der Bedingung $\frac{P}{d^2}$ = const entsprachen (z. B. 5 % bei 84 $\frac{kg}{cm^2}$). Der Verfasser schliesst daraus, dass auch der Eintritt der Elastizitätsgrenze an die Bedingung $\frac{P}{d^2}$ = const gebunden ist. Das Resultat ergab sich auf Grund der Erkenntnis, dass sowohl $\frac{\delta}{d}$ als $\frac{\delta_b}{d}$ konstant waren für $\frac{P}{d^2}$ = const. Dass die Beziehung für $\frac{\delta}{d}$ bei den Belastungen, welche angewandt wurden, noch mit der Theorie übereinstimmt, ist wieder sehr merkwürdig. Denn der grösste Flächendruck, der dabei auftritt, beträgt nach der Formel von Hertz 70000 Atm., während nach Druckversuchen, welche an cylindrischen Körpern aus gleichem Material angestellt sind, die Proportionalitätsgrenze bei den vorliegenden Versuchen unter 18000 Atm. liegt.

Die zulässige Belastung von Kugellagern hängt in hohem Masse von der Konstruktion derselben ab. Der Verfasser fand durch Dauerversuche die zulässige Last pro Kugel $P = 100\,d^2_{cm}$, wenn die Laufrinne kreisförmig mit einem Radius $R = \frac{2}{3}\,d$ vertieft ist, dagegen $P = 30\,d^2$ bis $50\,d^2$, wenn die Lauffläche eben oder mit konischer Rinne versehen ist. Diese hohen Belastungen werden aber nur dann dauernd ertragen, wenn Kugeln und Lauffläche gut poliert sind, so dass man mit blossen Auge keine Schleifrisse mehr erkennt.

Mittels einer von dem Verfasser zu diesem Zweck konstruiertn sogenannten Reibungswagen wurden für verschiedene Lagerkonstruktionen die Reibungskoeffizienten gemessen. Diese zeigten sich von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle fast unabhängig, dagegen wachsend mit abnehmender Belastung. Am kleinsten war das Reibungsmoment bei der Konstruktion mit kreisförmiger Rinne. Mit Hilfe dieser Konstruktion können nach Ansicht des Verfassers Kugellager mit durchaus brauchbaren Abmessungen und Reibungswerten für Lagerbelastungen bis zu 10000 kg gebaut werden.

Seit dem Abschluss der beschriebenen Versuche ist man in der Vervollkommnung der Kugeln und Laufflächen noch bedeutend weiter gekommen. Neuere, nur kurz erwähnte Versuche des Verfassers haben ergeben, dass man die verbesserten Kugellager $1\frac{1}{2}$ mal so hoch beanspruchen kann, als oben angegeben.

Berlin, 13. Dezember 1901.

P. Roth.

(Eingegangen 22. Dezember 1901.)

BESPRECHUNGEN.

A. Frhr. v. Hübl, Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Gelatineplatte bei zweifelhaft richtiger Exposition. 2. Aufl. gr. 8°. V u. 70 S. Mit einer Tafel. Halle, W. Knapp. 1901. M. 2.40.

Gegen die 1. Auflage gänzlich umgestaltet, versucht diese neue Auflage sich mit physikalisch-chemischen Anschauungen abzufinden und diese im Anschluss an Bredig und Luther zu verwerten. Über die Rapiditätsbestimmung von Andresen wird man wohl geteilter Meinung sein dürfen; die technische Seite des Buches ist, wie bei Herrn v. Hübl selbstverständlich, von grosser Klarheit, Vollständigkeit und Korrektheit.

Englisch.

(Eingegangen 3. Dezember 1901.)

Otto N. Witt, Die chemische Industrie auf der Internationalen Weltausstellung zu Paris 1900. gr. 8°. III u. 136 S. Berlin, R. Gärtners Verlagsbuchhandlung. 1902. Gebunden Mk. 5.—

Das Buch enthält eine Zusammenstellung von fortlaufenden Berichten über die chemische Industrie auf der Pariser Ausstellung, welche zuerst in der Zeitschrift „Die chemische Industrie" veröffentlicht wurden. Der Verfasser, welcher als Mitglied aller drei Instanzen des internationalen Preisgerichts Gelegenheit hatte, zu einer solchen Zusammenfassung genügendes Material zu sammeln, führt die Leistungen der verschiedenen Länder auf dem Gebiete der chemischen Industrie vor, wie sie sich auf der Weltausstellung in Paris kundgaben. Der kosmopolitische Charakter der Ausstellung als eines Bildes menschlicher Arbeit, wird auch in den Schilderungen durch Einordnung des Materials unter allgemeinere Gesichtspunkte gewahrt. Die Ausstellung Frankreichs musste in erster Linie aufgeführt und besonders eingehend behandelt werden, da sie natürlich in weit mehr umfassender Weise als alle anderen Länder in ihren Schaustellungen ein Bild von der Leistungsfähigkeit der gesamten chemischen Industrie ihres Landes gab. Gerade von Frank-

reich macht sich nach der letzten Ausstellung der Eindruck geltend, dass seine chemische Industrie in gesunder Fortentwicklung begriffen ist. Die übrigen Staaten sind bis auf Österreich-Ungarn, Russland und Deutschland, welche auf etwas grössere Vollständigkeit einigen Anspruch erheben können, in ihren Ausstellungen weit weniger vollkommen vertreten und können darum auch nur eine weniger ausführliche Besprechung erfahren. Bei der Ausstellung Deutschlands wird besonders des eigenartigen Gepräges gedacht, den diese durch die Einheitlichkeit des Auftretens der beteiligten Fabriken als Vertreter einer deutschen Gesamtindustrie erhielt, und welches diese Kollektivausstellung zu dem hervorragendsten Objekte der chemischen Abteilung der Pariser Ausstellung machte.

Die Schilderungen der Ausstellungen der einzelnen Staaten gewinnen besonderes Interesse durch die kritische Betrachtung der Umstände, welche dort für die Entwickelung der Industrie massgebend waren, ein Gesichtspunkt, unter dem allein ein Vergleich zwischen den Leistungen der verschiedenen Nationen auf gleichen Arbeitsgebieten möglich ist. Das Werk ist deshalb geeignet im Verein mit dem Kataloge der Pariser Ausstellung ein Bild von dem Anteil der einzelnen Kulturstaaten an der Weltproduktion auf dem Gebiete chemischer Industrie zu geben.

Paradies.

(Eingegangen 8. December 1901.)

L. Pilgrim, Einige Aufgaben der Wellen- und Farbenlehre des Lichts. (Beilage zum Programm der Realanstalt in Cannstatt zum Schlusse des Schuljahres 1900/01). 4°, 68 S. mit 15 Figuren und 2 Farbentafeln. Cannstadt, J. Mann, Buch- und Steindruckerei. 1901. Mk. 3.—

Ausgehend von den Grundprinzipien der Wellentheorie des Lichtes — Huyghensscher Satz und Youngsches Prinzip der Superposition oder Interferenz der Lichtwellen, und auf Grund des Fresnelschen Verfahrens der geometrischen Addition von Schwingungen (Parallelogramm resp. Polygon der Amplituden) führt Verf. die elementare Berechnung folgender Aufgaben durch: Beleuchtung einer Ebene durch zwei Lichtpunkte; Interferenzfarben und zwar a) Bestimmung von Mischfarben nach Newton, b) desgl. nach Maxwell, c) Bestimmung von Interferenzfarben nach Lommel, d) Berechnung von Mischfarben im Anschluss an die von A. König und C. Dieterici bestimmten Grundempfindungen; ferner die Farben dünner Blättchen und zwar a) bei reflektiertem Licht, b) bei durchfallendem Licht; endlich noch Polarisationserscheinungen und zwar a) die Farben von Gipsblättchen, b) Farbenringe einer senkrecht zur Hauptachse geschliffenen Platte eines optisch einachsigen Krystalls, c) Farbenringe an zusammengesetzten Platten. Verf. hatte, wie er in einem Nachwort angiebt, ursprünglich die Absicht, auch die wichtigeren Beugungserscheinungen zu bearbeiten, was jedoch der Mangel an Raum nicht mehr zuliess. Die Ergebnisse sind im Verlauf der Abhandlung in zahlreichen übersichtlichen Tabellen zusammengestellt, ausserdem sind zwei Farbentafeln mit vielen Figuren in grossem Massstabe beigegeben, welche auch für Unterrichtszwecke mit grossem Vorteil zu verwenden sein dürften und den Wert der fleissigen Arbeit noch erhöhen.

Boruttau.

(Eingegangen am 12. Dezember 1901.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Ruhmer, Ernst, Neuere elektrophysikalische Erscheinungen. Nach zahlreichen Einzelveröffentlichungen zusammengestellt. Mit 171 Textabbildungen. gr. 8°. IV u. 163 S. 1902. Berlin, Administration „Der Mechaniker." M. 4.—.

Slaby, A., Die Funkentelegraphie. Gemeinverständliche Vorträge. 2. Auflage. Mit 30 Abbildungen und 2 Tafeln. gr. 8°. V u. 119 S. 1901. Berlin, Leonhard Simion. M. 3.—. Gebunden M. 4.—.

Turpain, Albert, Les applications pratiques des ondes électriques — télégraphie sans fil — télégraphie avec conducteur — éclairage — commande à distance. Mit 271 Figuren. gr. 8°. IV u. 412 S. 1902. Paris, C. Naud. Gebunden 12 Fr.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An der Technischen Hochschule zu Berlin hat sich Dr. Dolezalek für Elektrochemie habilitiert.

An der Universität Erlangen hat sich Dr. Alexander Gutbier für Chemie habilitiert.

Der Privatdozent für Chemie der Farbstoffe an der Technischen Hochschule zu Berlin Professor Dr. Täuber wurde zum kaiserlichen Regierungsrat und Mitglied des Patentamtes ernannt.

Der Professor der Physik am Polytechnikum in Zürich J. Pernet ist gestorben.

Dr. Peter Weiss von der Universität Lyon ist zum Professor der Physik am Polytechnikum in Zürich ernannt.

Der Professor der Chemie Dr. J. Piccard an der Universität Basel tritt mit dem Ablauf des kommenden Sommersemesters in den Ruhestand.

Vor kurzem starb der auch den Lesern dieser Zeitschrift bekannte Pfarrer Dr. M. Maier, Besitzer eines physikalischen Laboratoriums in Schaufling (Bayern).

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 12. 15. März 1902. 3. Jahrgang.
Redaktionsschluss für No. 13 am 26. März 1902.

INHALT.



ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über gleichgerichteten Wechselstrom.

Von Al. Gerschun.

Bei der Untersuchung der Arbeitsweise eines Aluminiumstromrichters für Wechselstrom[1]) bemerkte W. Mitkiewicz einige interessante Eigenschaften des gleichgerichteten Wechselstromes. Die Stromkurve, mittels der Braunschen Röhre beobachtet, erwies sich, z. B., in vielen Fällen als eine Wellenlinie, deren untere Scheitelpunkte die Zeitachse nicht berühren. Auch frühere Arbeiten[2]) mit dem Aluminiumstromrichter ergaben öfters Wellenformen, deren Entstehungsweise nicht vollständig klar ist. Es schien mir daher nicht ohne Interesse theoretisch die Vorgänge in einem, der Einwirkung einer gleichgerichteten sinusförmigen elektromotorischen Kraft unterworfenen Stromkreise näher zu untersuchen. Die Resultate dieser Untersuchung stehen in vollem Einklang mit den experimentell beobachteten Daten; einige kleine Abweichungen finden wohl ihre Erklärung in der Anwesenheit von Eisenmassen in den Drosselspulen und in der Abweichung von der Sinusform der primären gleichzurichtenden elektromotorischen Kraft.

§ 1. Die elektromotorische Kraft habe die in der Fig. 1 angegebene Form, und sei das Resultat der Gleichrichtung einer Sinuskurve, deren negative (unter der Zeitachse liegende) Teile einer Drehung von unten nach oben um 180⁰ unterworfen worden sind. Die so entstandene Kurve kann analytisch durch keine endliche Funktion ausgedrückt werden; sie muss durch eine Fouriersche Reihe dargestellt werden. Da die Kurve zur vertikalen Achse symmetrisch ist, muss die Zerlegung nach den Cosinusen der Vielfachen des Arguments fortschreiten. Wenn wir nach bekannten Regeln

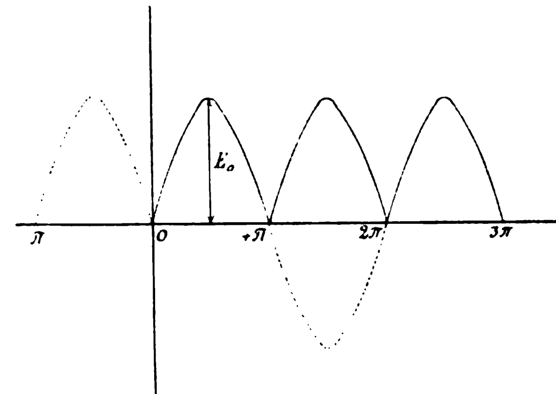


Fig. 1.

diese Zerlegung ausführen, so erhalten wir die Reihe

$$e = \frac{2}{\pi} E_0 \left| 1 - 2 \sum_{2,4,6} \frac{1}{m^2 - 1} \cos m \omega t \right|, \quad (1)$$

wo e den Momentanwert, E_0 den Maximalwert der elektromotorischen Kraft bedeutet; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$, wo T und n die Periode und Wechselzahl des primären gleichgerichteten Wechselstromes ist. Die Summation erstreckt sich nur auf alle geraden Vielfachen des Arguments, also auf $m = 2, 4, 6 \ldots.$, da die Koeffizienten der Fourierschen Reihe für alle ungeraden m gleich Null werden.

Der mittlere und effektive Wert der elektromotorischen Kraft (1) ist

$$e_m = \frac{2}{\pi} E_0; \quad e_e = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

1) W. Mitkiewicz, diese Zeitschr. **2**, 747, 1901.
2) J. Zenneck, Wied. Ann. **69**, 859, 1899.

Die elektromotorische Kraft (1) wirke in einem Stromkreise mit der Selbstinduktion L und dem Ohmschen Widerstand R. Der Momentanwert i des in dem Stromkreise entstehenden Stromes wird bestimmt durch die Gleichung:

$$i = \frac{e}{R} - \frac{L}{R}\frac{di}{dt}.$$

Die Integration dieser Gleichung unter Berücksichtigung von (1) führt zu folgendem Werte von i

$$i = \frac{2}{\pi}\frac{E_0}{R}\left[1 - 2\sum\frac{1}{m^2-1}\cdot\frac{1}{(1+m^2 tg^2\varphi)^{1/2}} \cos(m\omega t - \varphi_m)\right], \quad (3)$$

wo $\frac{m\omega L}{R} = tg\,\varphi_m$, also $tg\,\varphi_m = m\,tg\,\varphi$. (4)

In (3) sind die, schon in den ersten Momenten des Instandekommens des Stromes schnell abklingenden Glieder vernachlässigt worden.

Die mittlere Stärke i_m des Stromes i gleicht

$$i_m = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi i\,dt = \frac{2}{\pi}\frac{E_0}{R}, \quad (5)$$

wovon wir uns leicht durch Integration von (3) überzeugen können. Jetzt können wir (3) auch in der Form (6) schreiben:

$$i = i_m\left[1 - 2\sum\frac{1}{m^2-1}\cdot\frac{1}{(1+m^2 tg^2\varphi)^{1/2}} \cos(m\omega t - \varphi_m)\right]. \quad (6)$$

Die Untersuchung von (5) und (6) führt zu folgenden Schlüssen:

1. Die mittlere Stromstärke hängt ausschliesslich vom Ohmschen Widerstand des Stromkreises ab.

2. Wenn der Selbstinduktionskoeffizient des Stromkreises grösser als Null ($L > 0$), so wird der Momentanwert der Stromstärke nie gleich Null.

Dieses folgt aus der Betrachtung von (6). Da bei $m = 2, 4, 6 \ldots$

$$\sum\frac{1}{m^2-1} = 1/2$$

ist, und bei $L > 0$ auch $tg\,\varphi > 0$ und

$$\sum\frac{1}{m^2-1}\cdot\frac{1}{(1+m^2 tg^2\varphi)^{1/2}} \cos(m\omega t - \varphi_m) < 1/2 \quad (7)$$

ist, so kann i nie gleich Null werden.

3. Die Amplitude der Stromschwankungen um die konstante mittlere Stromstärke ist desto kleiner, je grösser die Zeitkonstante des Stromkreises ist.

Die Amplitude der Stromschwankungen hängt nur von der Grösse der Summe (7) ab, und dieselbe ist desto kleiner, je grösser $tg\,\varphi = \frac{\omega L}{R}$ ist. Bei $L = 0$ und $\varphi = \varphi_m = 0$ erhalten wir aus (6) $i = \frac{e}{R}$; die Stromstärke ist in diesem Falle genau proportional den Momentanwerten der elektromotorischen Kraft (1). Bei sehr grossem L und kleinem R werden die Stromschwankungen klein, und je grösser $\frac{L}{R}$ ist, desto mehr nähert sich die Stromkurve einer Geraden — der mittleren Stromstärke

$$i_m = \frac{e_m}{R}$$

also einem Gleichstrom.

4. Die Stromkurve ist symmetrisch um ihre Maxima und Minima.

Es sei $t = \Theta$ eine Lösung der Gleichung:

$$\frac{di}{dt} = \frac{4}{\pi}\frac{E_0}{R}\sum\frac{m\omega}{m^2-1}\cos\varphi_m\,Sn(m\omega t - \varphi_m) = 0 \quad (7)$$

es entspreche also Θ einem Maximum oder Minimum von i. Wenn die Kurve symmetrisch ist, muss

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=\Theta+\alpha} + \left(\frac{di}{dt}\right)_{t=\Theta-\alpha} = 0 \quad (8)$$

sein. Wenn wir die Summe (8) bilden, so finden wir, dass sie bei allen Θ und jedem α gleich Null ist; es ist also die Stromkurve symmetrisch um ihre Maxima und Minima.

Gleichung (7) kann nur annähernd gelöst werden, so dass wir den Verzögerungswinkel der

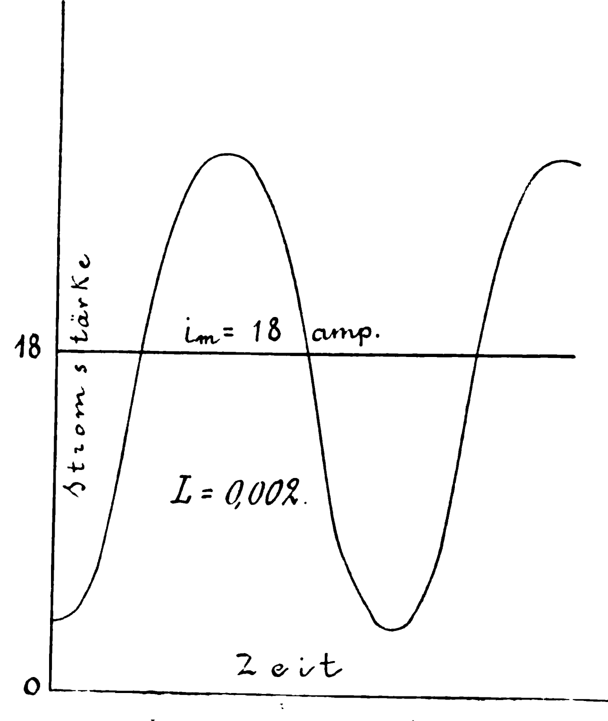


Fig. 2.

Stromstärke gegen die Spannung nur annähernd bestimmen können.

§ 2. Um eine ungefähre Vorstellung vom Charakter der Stromkurve zu erhalten, wurden nach Punkten (von 10^0 zu 10^0) die momentanen Stromstärken für drei spezielle Fälle berechnet. In allen drei Fällen gleicht $e_e = 100$ Volt, also $E_0 = 100 \cdot \sqrt{2} = 141{,}4$ Volt; $T = 0{,}02$ Sekunde, also $n = 50$, und $\omega = 2\pi n = 314{,}2$; $R = 5$ Ohm.

Es sei zuerst $L = 0{,}002$ Henry. Wenn wir uns in (6) mit drei Gliedern begnügen (Fehler $< 3{,}5$ Proz.), so erhalten wir die Kurve:

$$i = 18\,[1 - 0{,}65 \cos(2\,\omega t - 14^0 2') - 0{,}12 \cos(4\,\omega t - 26^0 41') - 0{,}05 \cos(6\,\omega t - 37^0 1')],$$

die in Fig. 2 dargestellt ist. Aus der Kurve ist zu ersehen, dass die Stromstärke zwischen ca. 3,6 und 30 Amp. schwankt; der Verzögerungswinkel ist ca. 9^0.

Es sei $L = 0{,}02$ Henry. Wenn wir uns mit zwei Gliedern der Summe begnügen (Fehler $<$ 3 Proz.), erhalten wir:

$$i = 18\,[1 - 0{,}25 \cos(2\,\omega t - 68^0 18') - 0{,}026 \cos(4\,\omega t - 78^0 45')].$$

Aus der Kurve Fig. 3, die diesem Fall entspricht, ersehen wir, dass die Stromstärke nur zwischen 13,3 und 22,3 Amp. schwingt; die Verzögerung ist ca. 30^0.

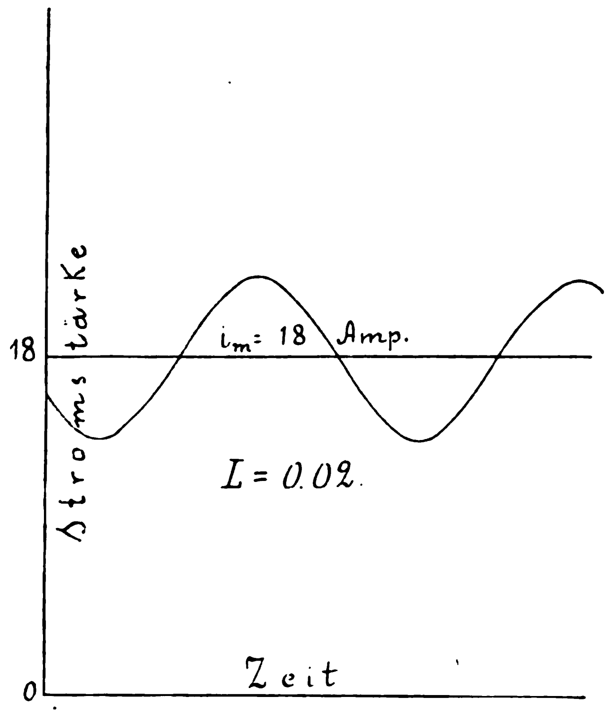


Fig. 3.

Es sei zuletzt $L = 0{,}2$ Henry. Formel (6) mit nur einem Gliede der Summe (Fehler $<$ 3 Proz.) ergiebt:

$$i = 18\,[1 - 0{,}265 \cos(2\,\omega t - 87^0 43')].$$

Aus der Stromkurve (Fig. 4) ersehen wir, dass die Stromschwankungen nur ungefähr 3 Proz. der mittleren Stromstärke betragen; der Strom

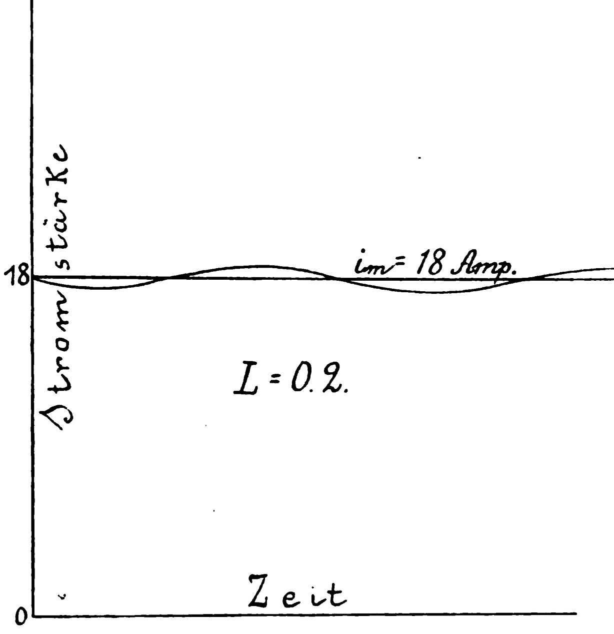


Fig. 4.

ist nahezu ein Gleichstrom. Die Phasenverschiebung beträgt ca. 85^0.

Mittels einer Braunschen Röhre und rotierendem Spiegel ist es leicht, die so erhaltenen Stromkurven zu beobachten. Wenn der Stromkreis eine Drosselspule mit beweglichem Eisenkern enthält, so sieht man sehr schön, wie beim Hineinschieben des Eisenkernes in die Spule die Stromschwankungen immer kleiner werden und der Strom immer mehr den Charakter eines leicht pulsierenden Gleichstromes annimmt.[1])

§ 3. Ein in den Stromkreis der gleichgerichteten elektromotorischen Kraft eingeschaltetes Hitzdrahtampèremeter zeigt die effektive Stromstärke i_e, also:

$$i_e = \left[\frac{1}{\pi}\int_0^\pi i^2\,dt\right]^{1/2}$$

Aus (6) erhalten wir:

$$i^2 = i_m^2 \Big[1 - 4\sum \frac{1}{m^2 - 1} \cdot \frac{1}{\sqrt{(m)}} \cos(m\,\omega t - \varphi_m) + 4\sum \frac{1}{(m^2 - 1)^2} \cdot \frac{1}{(m)} \cos^2(m\,\omega t - \varphi_m) + \quad (9)$$
$$8\sum\sum \frac{1}{m^2 - 1} \cdot \frac{1}{n^2 - 1} \cdot \frac{1}{\sqrt{(m)\,(n)}} \cdot \cos(m\,\omega t - \varphi_m) \cos(n\,\omega t - \varphi_n)\Big],$$

wo $(m) = 1 + tg^2\,\varphi_m$ ist.

1) Zu diesen und folgenden Versuchen wurde Anordnung Fig. 4 nach Mitkiewicz (l. c., S. 749) benutzt. Bei der Ausführung der Versuche war mir Herr W. Mitkiewicz in liebenswürdigster Weise behilflich, wofür ich ihm meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Beim Integrieren von (9) zwischen $\omega t = 0$ und $\omega t = \pi$ werden die Integrale des zweiten und vierten Gliedes der eingeklammerten Summe gleich Null. Da ausserdem

$$\int_0^{\frac{\pi}{\omega}} \cos^2 (m \omega t - \varphi_m) \, dt = \frac{\pi}{2}$$

ist, so erhalten wir:

$$i_e = i_m \left[1 + 2 \sum \frac{1}{(m^2 - 1)^2} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{L m \omega}{R}\right)^2} \right]^{1/2}. \quad (10)$$

Ein in den Stromkreis eingeschaltetes elektromagnetisches Gleichstromammeter zeigt ungefähr den Wert der mittleren Stromstärke i_m an. Aus (10) ersehen wir, dass bei $L < \infty$ die Ablenkungen am Hitzdrahtinstrument immer grösser sein werden als die Ablesungen am Gleichstromammeter. Da die Grösse der Glieder unter dem Summenzeichen in (10) mit wachsendem m sehr schnell fällt, so können wir uns (Fehler < 1 Proz.) mit nur einem Gliede begnügen und erhalten dann

$$\sigma = \frac{i_e}{i_m} = \left| 1 + \frac{2}{9} \cdot \frac{1}{1 + 4\left(\frac{L \omega}{R}\right)^2} \right|^{1/2}.$$

Den grössten Wert erhält σ bei $L = 0$. Da

$$1 + \sum_{2,4,6.} \frac{1}{(m^2 - 1)^2} = \frac{\pi^2}{8}$$

ist, so erhalten wir bei $L = 0$

$$\sigma_{max.} = \frac{\pi \sqrt{2}}{4} = 1,11.$$

wie es nach (2) auch zu erwarten war. Je grösser L wird, desto mehr nähert sich der Strom einem Gleichstrome und desto mehr nähert sich σ der Grösse Eins.

Versuche von W. Mitkiewicz[1]) ergaben bei Stromkreisen ohne Selbstinduktion σ bis 1,7. Dieses grosse σ dürfte wohl seine Erklärung finden ebenso in den Abweichungen der elektromotorischen Kraft von der Sinusform (siehe Fig. 2, 5 der Arbeit von Mitkiewicz) wie überhaupt in den komplizierten Verhältnissen, die der Stromrichter in den Stromkreis hineinbringt; so hat z. B. der Stromrichter jedenfalls eine nicht zu vernachlässigende elektrolytische Kapazität, deren Grösse ausserdem kaum als konstant angenommen werden kann.[2]) Um die gleichgerichteten Ströme experimentell zu untersuchen, müsste man überhaupt vom elektrolytischen Stromrichter mit seinen komplizierten und schwer übersehbaren Vorgängen absehen und zu der schönen Des Coudresschen Methode[1]) greifen, welche die Umwandlung von Wechselstrom in pulsierenden Gleichstrom mittels des Hallschen Phänomens bewerkstelligt.

§ 4. Wenn der Stromkreis ausser der Selbstinduktion L noch die Kapazität C enthält, so bestimmt sich i aus der Gleichung:

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} \frac{i}{LC} = \frac{1}{L} \frac{de}{dt} \text{ }^{2)},$$

deren Lösung

$$i = -\frac{4}{\pi} \frac{E_0}{R} \sum \frac{1}{m^2 - 1} \cdot \frac{1}{(1 + tg^2 \psi_m)^{1/2}} \quad (11)$$
$$\cos (m \omega t - \psi_m),$$

wo $tg \, \psi_m = \frac{L m \omega}{R} - \frac{1}{C R m \omega}$ ist,

ergiebt. In (11) sind die beim Instandekommen des Stromes schnell abklingenden Glieder vernachlässigt worden; diese Glieder scheiden bei $C = \infty$ einen konstanten Teil ab; daher ergiebt auch nicht (11) bei $C = \infty$ die diesem letzteren Fall entsprechende Formel (3).

Aus (11) ersehen wir, dass wir in vorliegendem Fall einen Wechselstrom mit mittlerer Stromstärke gleich Null erhalten. Eine Kompensierung der Kapazität durch vorgeschaltete Selbstinduktion, wie solche bei gewöhnlichem Wechselstrom bei $\frac{1}{C} = n^2 L$ eintritt, ist unmöglich, da wir nicht gleichzeitig $\psi_2 = \psi_4 = \cdots \psi_m = 0$ machen können. Bei $L = 0$ erhalten wir wie bei Wechselstrom ein Voreilen des Stromes gegen die elektromotorische Kraft.

§ 5. Eine Arbeit von J. Zenneck[3]) bewog mich noch den Fall eines Transformators, dessen eine Wickelung die gleichgerichtete sinusförmige elektromotorische Kraft enthält, zu untersuchen. Die sekundäre Wickelung muss in diesem Fall nach der Meinung von J. Zenneck der Sitz einer induzierten elektromotorischen Kraft sein, deren Form die Derivierte einer gleichgerichteten Sinusoide ist, also ungefähr die Form der Fig. 5 hat. Versuche ergaben aber eine ganz andere Form der Stromkurve, nämlich die der Fig. 6. J. Zenneck erklärt diese Abweichung von der erwarteten Stromkurve durch die Annahme, dass die Voraussetzungen über die Sinusförmigkeit des verwandten Wechselstromes, über die richtige Ventilwirkung der Aluminiumzellen und über die Hysteresisfreiheit des Transformators nicht

1) l. c., S. 748.

2) Es bleibt ausserdem dahingestellt, ob ein jedes elektromagnetische Ammeter im vorliegenden Fall wirklich die mittlere Stromstärke anzeigt.

1) Th. Des Coudres, diese Zeitschr. 2, 586, 1901.

2) Formel (1) entspricht allen Bedingungen, denen eine Fouriersche Reihe genügen muss, damit wir das Recht haben, einen Differentialquotienten von ihr zu bilden.

3) J. Zenneck, Wied. Ann. 69, 859, 1901.

genau zutreffen. Die unten angeführten Berechnungen erweisen jedoch, dass selbst bei vollständigem Zutreffen der obengenannten Voraus-

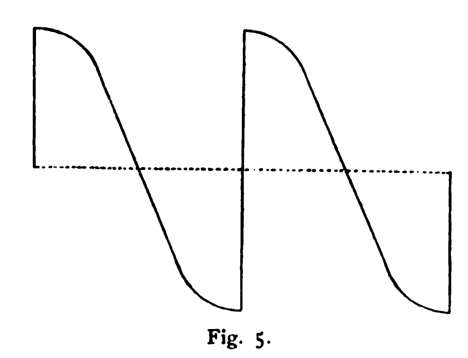


Fig. 5.

setzungen die induzierte elektromotorische Kraft ungefähr die Form der Fig. 6 haben muss.

Die Untersuchung dieser Frage nach gewöhnlichen Methoden führt zu ziemlich komplizierten Rechnungen. Darum wandte ich mich zu den von Heaviside und Perry angegebenen Methoden der symbolischen Lösung der in Wechselstromfragen vorkommenden linearen Differentialgleichungen. Es seien R und L, R_1

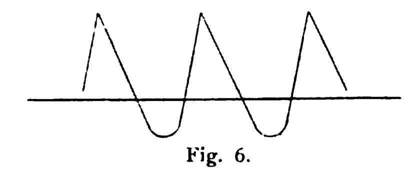


Fig. 6.

und L_1 die Widerstände und Selbstinduktionen des primären und sekundären Stromkreises; M die gegenseitige Induktion der Stromkreise. Es seien e und i die Momentanwerte der elektromotorischen Kraft und Stromstärke im Primärkreise, i_1 der induzierte Strom. Wir haben dann im primären Stromkreis:

$$e = (R + L\Theta)\, i + M\Theta\, i_1$$

im sekundären

$$0 = M\Theta\, i + (R_1 + L_1\Theta)\, i_1 \qquad (12)$$

wo Θ symbolisch einen Differentialquotienten darstellt.

Durch Lösung der Gleichungen (12) erhalten wir:

$$\left.\begin{aligned} i &= \frac{(R_1 + L_1\Theta)\, e}{RR_1 + (RL_1 + R_1 L)\Theta + (LL_1 - M^2)\Theta^2} \\ i_1 &= \frac{-M\Theta e}{RR_1 + (RL_1 + R_1 L)\Theta + (LL_1 - M^2)\Theta^2} \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Wenn wir die Voraussetzung machen, dass der Transformator ohne magnetische Streuung ist, also $LL_1 = M^2$ ist, und in (13) den Wert von e aus (1) hineinsetzen, erhalten wir:

$$\left.\begin{aligned} i &= \frac{2}{\pi}\frac{E_0}{R} - E_0 \sum \frac{1}{m^2 - 1} \cdot \frac{R_1 + L_1\Theta}{RR_1 + (RL_1 + R_1 L)\Theta} \cos m\omega t; \\ i_1 &= \frac{4}{\pi} E_0 \sum \frac{1}{m^2 - 1} \cdot \frac{M\Theta}{RR_1 + (RL_1 + R_1 L)\Theta} \cos m\omega t. \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

Formeln (14) ergeben bei Benutzung der allgemeinen Transformation:

$$\frac{a + C\Theta}{c + d\Theta} Sn\,(nt + \varphi) = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 n^2}{c^2 + d^2 n^2}}\; Sn\left(nt + \varphi + tg^{-1}\frac{bn}{a} - tg^{-1}\frac{dn}{c}\right)$$

folgende Ausdrücke für i und i_1:

$$\left.\begin{aligned} i = \frac{2E_0}{\pi R}\Bigg[1 - 2\sum \frac{1}{m^2}\left(\frac{1 + tg^2\psi_m}{1 + (tg\psi_m + tg\varphi_m)^2}\right)^{1/2} \\ \cos\left(m\omega t + \psi_m - tg^{-1}(tg\,\psi_m + tg\,\varphi_m)\right)\Bigg] \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

$$\begin{aligned} i_1 = -\frac{4}{\pi}\frac{E_0}{R_1} \cdot \frac{M\omega}{R} \sum \frac{m}{m^2 - 1} \cdot \frac{1}{(1 + [tg\,\psi_m + tg\,\varphi_m]^2)^{1/2}} \cdot \\ Sn\,(m\omega t - tg^{-1}[tg\,\varphi_m + tg\,\psi_m]) \end{aligned} \qquad (16)$$

wo $tg\,\psi_m = \frac{L_1 m\omega}{R_1}$ und $tg\,\varphi_m = \frac{L\,m\omega}{R}$ ist.

Der Strom im Primärkreise (15) ist ein pulsierender Strom (wie ihn die Fig. 2, 3, 4 geben), dessen Momentanwert nie gleich Null wird und dessen Amplitude desto kleiner ist, je kleiner der Widerstand des Sekundärkreises wird. Diese Betrachtung erklärt auch, wie J. Zenneck es mitteilt, warum der Wirkungsgrad seiner Anordnung ein so wenig günstiger war. Man kann aber auch nicht, wie es J. Zenneck erwartet, von einem besser gebauten Transformator einen höheren Wirkungsgrad erhalten, da wir ja immer im Primärkreise mit einem Strom zu thun haben werden, dessen Momentanwert nie Null erreicht. Ein Strom der Form Fig. 1 ist ja nur in einem Leiter ohne Selbstinduktion möglich, der andererseits aber nicht als Primärkreis eines Transformators dienen kann.

Wenn wir in (15) $R_1 = \infty$ setzen (Sekundärkreis offen) so erhalten wir, wie es auch zu erwarten war, die Formel (6).

Der Strom (16) im Sekundärkreise des Transformators ist ein Wechselstrom. Da die Zeitkonstante des Primärkreises gewöhnlich sehr gross ist, so können wir (16) annähernd in der Form schreiben:

$$i_1 = \frac{4}{\pi} E_0 \cdot \frac{M}{LR_1 + L_1 R} \cdot \sum \frac{1}{m^2 - 1} \cdot \qquad (17)$$

$$\cos m\omega t = A \cdot \frac{4}{\pi} E_0 \sum \frac{1}{m^2 - 1} \cos m\omega t.$$

Durch Vergleich von (17) mit (1) und (2) erhalten wir:

$$i_1 = A(e_m - e),$$

wo e_m die konstante mittlere und e die momentane elektromotorische Kraft bedeutet, und A eine Konstante ist. Wir erhalten also die Form der Stromkurve, wenn wir in Fig. 1 die Zeitachse um $\frac{2}{\pi} E_0$ heben und die so erhaltene Kurve einer Drehung von 180^0 um die Zeitachse unterwerfen. Wir bekommen dann die Kurve Fig. 7 die vollständig der experimentell von Zenneck erhaltenen Kurve Fig. 6 gleicht.[1]) Um den Grad der Ähnlichkeit beider Kurven zu untersuchen, mass ich an der Zenneckschen Kurve (so gut es ihre kleinen Dimensionen zuliessen) das Verhältnis $\frac{AC}{AB}$ (siehe Fig. 7) und fand es gleich $\frac{5,5}{8,5} = 0,64$; theoretisch muss es nach unseren Formeln $\frac{2}{\pi} = 0,637$ sein; beide Werte stimmen auffallend gut. Wir schliessen daraus, dass die Form der Zenneckschen Kurve weder Hysteresiserscheinungen noch anderen zuzuschreiben ist, sondern dass sie eine notwendige Folgerung der Wirkung einer gleichgerichteten sinusförmigen elektromotorischen Kraft ist. Eher könnte die Asymmetrie dieser Kurve (die Kurve steigt schnell, fällt langsamer) den Abweichungen von der Sinusform oder der durch Anwesenheit von Eisen hervorgerufenen Inkonstanz der Induktionskoeffizienten zugeschrieben werden.

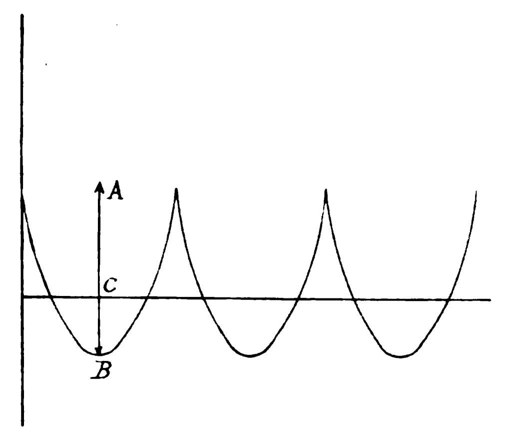


Fig. 7.

Physikalisches Laboratorium der Artillerieschule für Marineoffiziere in Kronstadt.

1) Fig. 5 und 6 sind den Fig. 5 und 7 in der Zenneckschen Arbeit nachgezeichnet.

(Eingegangen 17. Januar 1902.)

Versuche über erregte Radioaktivität.

Von E. Rutherford.

In einer früheren Mitteilung[1]) habe ich gezeigt, dass die von Thoriumverbindungen erregte Radioaktivität in einem starken elektrischen Felde auf die negative Elektrode konzentriert werden kann. Der Betrag der erregten Radioaktivität, die in einer gewissen Zeit unter gleichen Bedingungen hervorgerufen wird, ist unabhängig von der chemischen Beschaffenheit der Elektrode, und ebenso von der Grösse der Fläche, auf der die erregte Radioaktivität hervorgerufen wird. Die Abnahme der erregten Radioaktivität mit der Zeit ist unabhängig von der Natur der Substanz, auf der sie hervorgerufen worden ist, und von dem Drucke und der Natur des umgebenden Gases. Es wurde gezeigt, dass die Intensität der erregten Strahlung mit der Zeit abnimmt und in etwa 11 Stunden auf die Hälfte ihres Anfangswertes sinkt.

Bei diesen Versuchen wurde der radioaktiv zu machende Körper stets für Zeiten von zwei Stunden bis zu mehreren Tagen in Gegenwart von Thorium exponiert. Bei neueren Arbeiten stellte es sich als notwendig heraus, den Betrag der Radioaktivität an einem Körper zu untersuchen, der nur eine kurze Zeit in Gegenwart des Thoriums exponiert war. Für diesen Zweck wurde ein besonders empfindliches Elektrometer angewandt, um mit Genauigkeit den geringen Betrag der erregten Strahlung zu messen.

Es fand sich, dass der Betrag der erregten Strahlung, am Elektrometer gemessen durch Beobachtungen des Ionisationsstromes zwischen parallelen Platten oder konzentrischen Cylindern, noch einige Stunden hindurch beständig wuchs, nachdem das Thorium entfernt war.

Die folgenden Tabellen genügen, um den allgemeinen Verlauf der Erscheinung zu zeigen.

I. Platindraht als Kathode 15 Minuten in einem Cylinder exponiert, der Thorium enthielt.

Potentialdifferenz zwischen den Elektroden 110 Volt; dann wurde der Draht entfernt und die Radioaktivität in bestimmten Intervallen geprüft. Erste Beobachtung 5 Minuten nach der Entfernung.

Zeit	Bewegung der Elektrometernadel in Skalenteilen pro Sekunde
0	1,9
7,5	2,8
24	4,0
43	4,6
58	5,2
78	5,9
99	6,5

In diesem Falle wuchs die Radioaktivität um das mehr als Dreifache und hatte auch nach

1) Phil. Mag. Februar 1900.

einer Zeit von 99 Minuten ihren grössten Wert noch nicht erreicht.

II. Aluminiumblatt als Kathode in einem Apparat mit parallelen Platten, der Thorium enthielt. Exposition 41 Minuten. Erste Beobachtung 6 Minuten nach der Entfernung.

Zeit	Skalenteile pro Sekunde
0	1
21 Minuten	1,6
31 „	1,8
57 „	2,0
70 „	2,2
91 „	2,5
120 „	2,9
160 „	2,9
180 „	2,9
22 Stunden	1,0
49 „	0,21

In diesem Falle wurde, um vergleichen zu können, der Ionisationsstrom beim Beginne der Beobachtungen als Einheit genommen. Man bemerkt, dass die Radioaktivität gerade wie in der ersten Tabelle, mit der Zeit sehr schnell wächst und nach 2 Stunden ein Maximum von 2,9 erreicht. Dann bleibt sie einige Stunden lang annähernd konstant, und vermindert sich schliesslich allmählich im normalen Verhältnis.

Ähnliche Ergebnisse wurden erhalten, wenn der Körper durch kurzdauernde Exposition in Gegenwart von Thorium radioaktiv gemacht wurde, ohne dass ein elektrisches Feld wirksam war.

Dieses Wachsen der Radioaktivität mit der Zeit ist unabhängig von der Natur der Elektrode und von dem Grade der Konzentration der Radioaktivität.

Wenn die Platte oder der Draht einige Stunden ausgesetzt wird, ehe man ihn entfernt, ist die nachfolgende Steigerung der Radioaktivität sehr klein; für eine noch längere Expositionszeit fällt nachher die Radioaktivität beständig. Dieses Fallen nach langen Expositionen darf man erwarten, wenn die Steigerung des Strahlungsvermögens der radioaktiven Substanz, die in den letzten paar Stunden der Exposition niedergeschlagen wird, mehr als kompensiert wird durch die Abnahme der Strahlung des Restes.

Diese Ergebnisse erklären eine auffällige Anomalie, die früher (loc. cit. S. 178) in dem Wachsen der von Thorium erregten Radioaktivität mit der Expositionszeit beobachtet worden war. Es war dort gezeigt worden, dass unter der Annahme eines gleichförmigen Niederschlages von radioaktiver Substanz, die an der erregten Strahlung schuld ist, und einer regelmässigen Verminderung der Strahlungsintensität mit der Zeit, das Anwachsen der erregten Radioaktivität mit der Expositionszeit dem Anwachsen eines elektrischen Stromes gleich ist, der in einem Stromkreise von konstanter Selbstinduktion entsteht. Während dies zu einer Erklärung der experimentellen Ergebnisse im grossen und ganzen ausreichte, wurde beobachtet, dass der Betrag der erregten Radioaktivität in den ersten paar Stunden der Exposition sehr viel kleiner war, als es der Theorie entsprach. Diese Abweichung erklärt sich indessen, wenn jeder Anteil der radioaktiven Substanz einige Stunden braucht, um seine grösste Strahlungsfähigkeit zu erreichen.

Wenn wir die Anschauung zu Grunde legen, dass erregte Radioaktiviät von dem Niederschlag einer irgendwie beschaffenen radioaktiven Substanz auf den Körpern herrührt, so hat es den Anschein, dass entweder 1. die Strahlung einer allmählichen molekularen Umlagerung oder chemischen Kombination zugeschrieben werden muss, welche einige Stunden brauchen, um ihre maximale Intensität zu erreichen, oder das 2. die niedergeschlagene radioaktive Substanz in dem Drahte oder der Platte erregte Radioaktivität veranlasst, die sich zu ihrer eigenen ursprünglichen Radioaktivität hinzu addiert.

Es wurden auch Versuche gemacht, indem die strahlende Elektrode ungefähr auf Rotglut erhitzt wurde; indessen war es nicht möglich, in dieser Weise die Zeit zu verkürzen oder zu verlängern, die bis zur Erreichung des Maximums des Strahlungsvermögens notwendig war, noch auch, das endgültige Maximum merklich zu beeinflussen.

Von Radium erregte Radioaktivität.

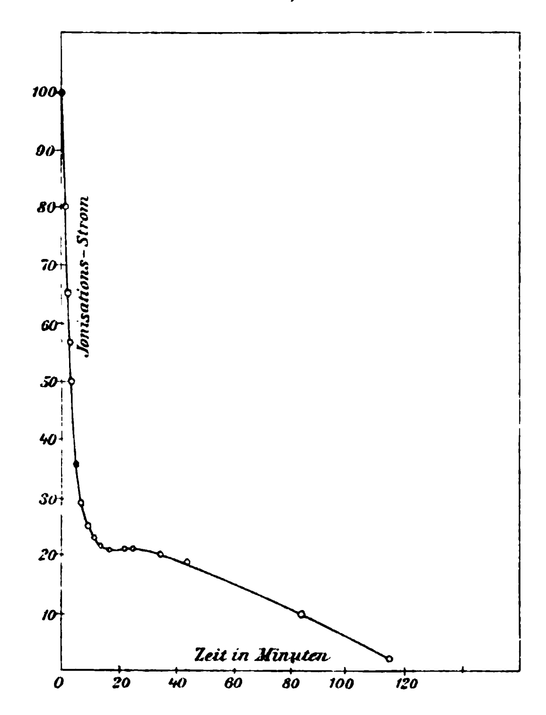
Es wurden einige Versuche gemacht, um zu erfahren, ob das nachträgliche Wachsen des Strahlungsvermögens auch für die von Radiumverbindungen erregte Radioaktivität beobachtet werden kann. Ein Platindraht wurde in einem Gefässe mit Radiumausströmung 10 Minuten lang zur Kathode gemacht. Dann wurde er entfernt und die Änderung seiner Radioaktivität mit der Zeit geprüft. Die zwei Proben von Radium, die von P. de Haen, Hannover stammten, gaben verschiedene Abfallkurven. Die Abfallkurve der als „konzentriert" bezeichneten Probe (Fig. 1) war sehr unregelmässig, kann aber in drei Teile geteilt werden:

1. Ein anfänglich sehr schneller Abfall der erregten Aktivität für ungefähr 10 Minuten.
2. Eine sehr langsame Änderung für die nächsten 30 Minuten etwa.
3. Eine schnellere Abnahme, bi die Radioaktivität verschwunden ist.

Die Abfallkurve für das als „einfach" bezeichnete Radium war nicht so unregelmässig, aber der allgemeine Verlauf wurde ebenso gefunden, nur in einer weniger ausgeprägten Form. Für die ersten paar Minuten fiel die Radioakti-

vität sehr schnell, dann langsamer und schliesslich wieder schneller.

Um die Gestalt der in Fig. 1 wiedergegebenen Kurve des Abfalles der von Radium erregten Strahlung zu erklären, scheint es nötig, anzunehmen, dass die radioaktive Substanz, die auf den erregten Körper übertragen wird, wenigstens zwei Arten von Strahlungen von sich giebt. Die eine derselben nimmt sehr schnell mit der Zeit ab. Die Intensität der anderen wächst einige Zeit, nachdem die radioaktive Substanz niedergeschlagen ist, ähnlich wie das bei Thorium beobachtet wurde, nachher aber fällt sie



in regelmässiger Weise. Eine solche Hypothese würde die allgemeine Form der Abfallkurve für die von beiden Proben des Radiums erregte Radioaktivität erklären. Der relative Betrag derjenigen Strahlung, die schnell abnimmt, verglichen mit der anderen, scheint bei verschiedenen Proben von Radium verschieden zu sein.

Wirkung von Lösungen.

Es war früher gezeigt worden (l. c.), dass Schwefel- und Salzsäure einen Teil der erregten Radioaktivität wegnehmen, die an einem Thorium ausgesetzten Platindrahte erregt wurde. Die so entfernte Radioaktivität bleibt in der Lösung. Wenn man die Lösung bis zur Trockenheit eindampft, so wird die Radioaktivität auf die Wand des Gefässes übertragen.

Keine anderen Substanzen haben sich finden lassen, die so lebhaft die erregte Radioaktivität auflösten, wie Schwefelsäure, Salzsäure und Fluorwasserstoffsäure, obwohl eine grosse Zahl organischer und unorganischer Säuren und Lösungen geprüft worden ist.

Bei einigen der früheren, zwei Jahre zurückliegenden Experimente war gefunden worden, dass $^1/_{10}$ normale reine Schwefelsäure die gesamte auf einem Platindrahte erregte Radioaktivität bis auf 8 Proz. in wenigen Minuten entfernte. Verdünnte Salzsäure des Handels entfernte sie in wenigen Sekunden bis auf 10 Proz. Unsere Versuche mit verschiedenen Proben reiner und käuflicher Säure gaben sehr verschiedene Ergebnisse. Beispielsweise wurden mit einer anderen Probe von reiner Schwefelsäure ungefähr 50 Proz. sehr schnell entfernt, der Rest aber wurde äusserst langsam gelöst. Käufliche Salzsäure vermindert die Radioaktivität bis auf 29 Proz. Die entfernte Menge wurde durch beträchtliche Verdünnung der Säure nicht wesentlich verändert.

Käufliche Salz- und Schwefelsäure findet sich sehr viel wirksamer, die Radioaktivität zu entfernen, als die ganz reinen Säuren.

Die Bedingungen, unter denen der Platindraht radioaktiv gemacht worden war, hatten keinen besonderen Einfluss auf das Ergebnis. Die Expositionszeit, die Gegenwart oder Abwesenheit von Wasserdampf bedingten keinerlei Unterschied. Die grosse Verschiedenheit der Fähigkeit, erregte Radioaktivität zu entfernen, wie sie bei verschiedenen Proben reiner Schwefelsäure und bei käuflicher und reiner Säure auftritt, scheint zu dem Schlusse zu drängen, dass die Entfernung der erregten Radioaktivität von dem Platin von einer geringen Verunreinigung herrührt, die in verschiedenen Proben der Säure mit verschiedenem Betrage vorhanden ist.

Abnahme der erregten Radioaktivität in Schwefelsäure.

Es wurden Versuche unternommen, um zu erkennen, ob die einer verdünnten Lösung von Schwefelsäure mitgeteilte Radioaktivität mit derselben Geschwindigkeit wie in Luft abnimmt.

Ein radioaktiv gemachter Platindraht wurde für wenige Minuten in $^1/_{10}$ normale Schwefelsäure Lösung getaucht, die in einer Bürette von 12 cm^3 enthalten war. Nach der Entfernung des Platindrahtes wurde die Säure tüchtig geschüttelt und einige Tage sich selbst überlassen. Zu verschiedener Zeit wurden 2 cm^3 derselben Lösung entfernt und in einer Platinschale eingedampft. Die Radioaktivität in der Schale wurde in der gewöhnlichen Weise mit Hilfe eines Elektrometers geprüft. So wurden die Beträge der Radioaktivität, die in gleichem Volumen der Lösung zurückblieben, nach verschiedenen Zeitintervallen bestimmt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Abnahme der erregten Strahlung in der Lösung nahezu dieselbe war, als

wenn sie an dem Platindrahte der Luft ausgesetzt worden wäre. Dieses Ergebnis in Verbindung mit anderen ähnlicher Art scheint zu zeigen, dass die Abfallgeschwindigkeit der erregten Radioaktivität einem in der radioaktiven Substanz selbst verlaufenden Vorgange zuzuschreiben ist, der von der Substanz, mit der sie in Berührung ist, nicht beeinflusst wird.

Einfluss der Temperatur.

Die an einem Platindrahte von Thorium erregte Strahlung wird durch eine Steigerung der Temperatur bis zur Rotglut wenig beeinflusst. Ein grosser Betrag der Radioaktivität aber wird rasch entfernt, wenn man bis zur Weissglut erhitzt. Eine lang andauernde Hitze auf hohe Temperatur ist notwendig, wenn man auch den Rest entfernen will. Der Teil, der durch Hitze schwer entfernt wird, wird auch durch Lösungen von Salz- oder Schwefelsäure sehr wenig angegriffen.

Keine bemerkenswerte „radioaktive Ausströmung" wurde von einem erregten Platindrahte erhalten, während er auf Weissglut erhitzt wurde, welche ihr radioaktives Strahlungsvermögen sehr bald zerstörte.

Es sind Versuche im Gange, um zu zeigen, ob hierbei die erregte Radioaktivität zerstört oder nur auf die umgebenden Körper übertragen wird.

Mc. Gill Univ., Montreal, den 14. Jan. 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Th. Simon.)

(Eingegangen 14. Februar 1902.)

Über die durch Kathodenstrahlen bewirkte Ablenkung der Magnetnadel.[1])

Von Josef von Geitler.

Vor einiger Zeit habe ich unter dem obigen Titel Versuche beschrieben[2]), durch welche mir der Beweis erbracht erschien, dass Kathodenstrahlen magnetische Wirkungen besitzen. Bei weiteren Versuchen, welche ich in den letzten Monaten anstellte, bin ich nun zu der Erkenntnis gekommen, dass bei meiner Versuchsanordnung eine Fehlerquelle vorhanden war, welche bei allen Modifikationen des Versuches dem Sinne nach stets so wirkte, wie man es von den Kathodenstrahlen selbst erwarten konnte.

Die verschiedenen Messingröhren *m* nämlich[3]), in welchen behufs elektrostatischen Schutzes die Magnetnadel bei den verschiedenen Versuchen hing, besassen einen eingelöteten Boden aus gewalztem Messing. Dort, wo die Kathodenstrahlen das Metallrohr treffen, wird dasselbe erwärmt. Zwischen dem erwärmten und nicht erwärmten Teile der Berührungsfläche von Messingrohr und Messingboden entsteht dadurch eine thermoelektrische Potentialdifferenz, welche bei den besonders günstigen Widerstandsverhältnissen hinreichend ist, um einen Strom von genügender Stärke zu erzeugen, welcher die Nadel ablenkt. Leider war aber die Richtung des Stromes stets so, dass die Ablenkung in dem von den Kathodenstrahlen zu erwartenden Sinne erfolgte. Die Erwärmung und Abkühlung des Rohres findet ferner so prompt statt, dass sich die Fehlerquelle durch den Charakter des Ausschlages, besonders bei ungedämpfter Nadel, kaum verrät. Es ist leicht einzusehen, dass bei Vertauschung der Elektroden $a\alpha$ mit $b\beta$ auch der Thermostrom zugleich mit den Kathodenstrahlen seinen Sinn verändert, dass er nicht auftritt, wenn a Anode, α Kathode ist, dass er nicht wirkt, wenn $c\gamma$ Elektroden sind und in den Versuchen No. 8 bis 11, welche der Hertzschen Anordnung entsprechen, fehlt, sowie dass er um so stärker ist, je kräftiger die Kathodenstrahlen sind, die ihn erzeugen. Auch bei den Versuchen mit der in Fig. 2 (l. c.) abgebildeten Röhre scheint dieselbe Fehlerquelle im Spiele gewesen zu sein. Danach ist es klar, dass ein grosser, und wie ich glaube, der grösste Teil der beobachteten Wirkung auf Rechnung der erwähnten Fehlerquelle zu setzen ist. Ich bin damit beschäftigt, die Grösse des Anteils zu suchen, welchen die Kathodenstrahlen selbst an dem Phänomene besitzen. Die quantitativen Angaben meiner Arbeit lassen sich nach den jetzigen Erfahrungen nicht aufrecht erhalten. Die leitende Idee, welche ich seinerzeit ausführlich dargelegt habe, scheint mir dagegen vorläufig unberührt bestehen zu bleiben.

Physik. Inst. der k. k. deutsch. Univ. Prag.

(Eingegangen 24. Februar 1902.)

1) Aus dem Anzeiger 3, der kais. Akad. d. Wiss. in Wien vom 23. Januar 1902.

2) Wiener Sitzungsberichte, **110**, Abt. II a, S. 358 und Ann. der Physik, **5**, 924, 1901. Siehe auch diese Zeitschr., **2**, 601, 1901.

3) Vergl. l. c. Fig. 1.

Das mechanische Äquivalent der Lichteinheit.

Von Knut Ångström.

Nachdem Julius Thomsen[1]) schon 1865 einen ersten Versuch zur Bestimmung des mechanischen Äquivalents einiger Lichtquellen gemacht hatte, wurde von O. Tumlirz 1889 das mechanische Äquivalent unserer gegenwärtigen Lichteinheit näher bestimmt.[2]) Die Gesamtstrahlung (Q) wurde mit einer Art von

1) J. Thomsen, Pogg. Ann. **125**, 348, 1865.

2) O. Tumlirz, Wied. Ann. **38**, 640, 1889.

Luftthermometer bestimmt, das Verhältnis der Licht- und der Gesamtstrahlung oder der Lichteffekt der Strahlung (L/Q) wurde auf dieselbe Weise, wie es früher Melloni und Julius Thomsen gemacht hatten, ermittelt, und zwar dadurch, dass die ultraroten Strahlen durch eine Wasserschicht absorbiert und so von den Lichtstrahlen (L) getrennt wurden.

Bei der Bestimmung der Gesamtstrahlung der Hefnerschen Amylacetatlampe, die ich bei einer anderen Gelegenheit ausgeführt habe[1]), überzeugte ich mich, dass diese Strahlung nicht unbedeutend grösser war, als Tumlirz sie angegeben hatte. Andererseits ist die Methode, den Lichteffekt der Strahlung durch Absorption in Wasser zu bestimmen, aus leicht einzusehenden Gründen prinzipiell unrichtig und muss zu hohe Werte der Lichtstrahlung geben.[2])

Weil eine genaue Kenntnis unserer Lichteinheit für viele physikalische Fragen von hoher Bedeutung ist, entschloss ich mich, die Frage wieder aufzunehmen. Meine Untersuchung der Hefner-Lampe zerfällt, wie die früheren über diesen Gegenstand, in zwei Teile: 1. die Bestimmung der Gesamtstrahlung, 2. die Bestimmung des Verhältnisses der Licht- und der Gesamtstrahlung.

Die von mir untersuchte Normallampe mit Hefnerschem Flammenmass war von Siemens & Halske bezogen. Zur Bestimmung der Gesamtstrahlung bediente ich mich des von mir konstruierten Kompensationspyrheliometers[3]) und zwar eines vorzüglichen Instrumentes mit Streifen von Manganin (betreffs der Konstruktion des Instrumentes möchte ich hier nur auf die citierte Abhandlung hinweisen). Die Gleichheit der Temperatur der Streifen wurde mit Hilfe eines hochempfindlichen Spiegelgalvanometers, die Stärke des Erwärmungsstromes durch einen Präzisions-Milliampèremeter von Siemens & Halske ermittelt. Bestimmungen der Gesamtstrahlung wurden in zwei verschiedenen Abständen von der Lampe, und zwar 500 cm und 100 cm davon, ausgeführt und gaben vollständig übereinstimmende Resultate. Als Mittel mehrerer Bestimmungen ergab sich als

Wert der Gesamtstrahlung (Q) bei 1 m Abstand: $0{,}00129 \ \frac{\text{gr.-Kal.}}{\text{Min.}}$

oder $0{,}0000215 \ \frac{\text{gr.-Kal.}}{\text{Sek.}}$

Der Fehler dieser Bestimmung dürfte 3 Proz. nicht übersteigen.

1) K. Ångström, Wied. Ann. **67**, 647, 1899.

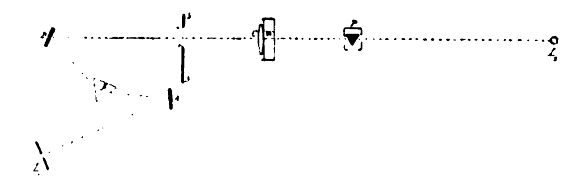
2) Tumlirz fand die Gesamtstrahlung einer Meterkerze 0,0000148 Grammkalorien pro Sek. und den Lichteffekt der Strahlung = 2,4 Prozent.

3) K. Ångström, Wied. Ann. **67**, 633, 1899.

Der Lichteffekt der Strahlung wurde auch nach einer neuen Methode bestimmt. Die von Langley benutzte Methode — das Energiespektrum auf bolometrischem Wege zu bestimmen und den Lichteffekt durch Integrieren der so erhaltenen Kurven zu ermitteln — ist wohl prinzipiell richtig, aber doch mit ziemlich grossen Schwierigkeiten verbunden, besonders wenn es sich um schwache Lichtquellen handelt. Ausserdem üben die Prismen, Linsen oder Spiegel des Spektralapparates eine selektive Veränderung der Strahlung aus, die besonders in dem äussersten ultraroten Spektrum stark hervortritt und deren Einfluss auf das Resultat schwer zu berechnen ist. Die folgende Methode ist von diesen Fehlerquellen frei.

Die Strahlung der zu untersuchenden Lichtquelle wird durch ein Spektroskop zerlegt: durch Schirme werden die nicht sichtbaren Teile des Spektrums abgeblendet, die leuchtenden Strahlen dagegen durch eine Cylinderlinse zu einem weissen Bilde auf einem Photometerkopf vereinigt. Ein zweites Exemplar derselben Lichtquelle wird so aufgestellt, dass die von dieser auf dem Photometerkopfe direkt fallende Strahlung photometrisch gleich der erstgenannten ist. Man hat also zwei Strahlungen von physiologisch ganz gleicher Stärke und Zusammensetzung, die erste enthält aber nur Lichtstrahlen, die zweite ist die entsprechende Gesamtstrahlung. Wenn der Photometerkopf gegen ein Bolometer oder eine Thermosäule vertauscht wird, kann man die Energie der beiden Strahlungen und also das Verhältnis derselben bestimmen.

Die Anordnung des Versuches wird durch die Figur näher erläutert.



L_1 und L_2 sind die Lichtquellen, ABD ein Spiegelspektroskop, S Schirm, C Cylinderlinse, W Wasserkammer, um die Strahlung durch Erwärmung des Schirmes abzuhalten, P Photometerkopf, der gegen eine empfindliche Thermosäule vertauscht werden kann. Alle diese Teile sind auf einer grossen, 2 m langen, optischen Bank befestigt und können also leicht einjustiert werden. Der Schirm S ist durch eine Mikrometerschraube senkrecht auf der Längenrichtung der Bank beweglich und wurde so eingestellt, dass das Spektrum jenseits $\lambda = 0{,}76\ \mu$ abgeblendet wurde.

Bei der Untersuchung solcher Lichtquellen, deren Lichtstrahlung durch das Glühen von Kohlenpartikeln hervorgebracht wird, kann man

die Lichtquelle L durch eine Glühlampe ersetzen und die Stromstärke regulieren, bis die Farbe des Lichtes dieselbe wird, wie diejenige der zu untersuchenden Lichtquelle. Dies ist besonders in denjenigen Fällen vorteilhaft, wo die Lichtstrahlung schwach ist und wurde deswegen bei der Untersuchung des Hefnerlichtes von mir benutzt.

Als Mittel mehrerer Bestimmungen des Lichteffekts der Hefnerlampe habe ich erhalten:

$$L/Q = 0{,}90\ \% \ (\pm 0{,}04\ \%).$$

Aus diesen Bestimmungen von Q und L/Q berechnet sich jetzt die Energie, die unserer Lichteinheit (= Energie der Lichtstrahlung auf 1 cm² in 1 cm Entfernung) und Beleuchtungseinheit (= Energie der Lichtstrahlung auf 1 cm² in 1 m Entfernung) entspricht. Wir finden:

$$1 \text{ Lichteinheit} = 0{,}009 \,.\, 0{,}0000215 \,.\, 100^{-2} = 1{,}94 \,.\, 10^{-3} \frac{g\,cal.}{sec.} = 8{,}1 \,.\, 10^{4} \frac{erg}{sec}.$$

$$1 \text{ Meterkerze} = 0{,}009 \,.\, 0{,}0000215 = 1{,}94 \,.\, 10^{-7} \frac{g\,cal.}{sec.} = 8{,}1 \frac{erg}{sec.}.$$

Das mechanische Äquivalent der Einheit der Beleuchtungsstärke ist also rund 8 *erg* pro Sekunde.[1])

Ich habe bis jetzt nur Gelegenheit gehabt, den Lichteffekt der Strahlung der Hefnerlampe und der Acetylenflamme zu untersuchen. Für die letzterwähnte habe ich als Mittel von 5 Bestimmungen erhalten:

$$L/Q = 5{,}5\ \%.$$

Früher ist der Lichteffekt der Acetylenflamme von Stewart und Hoxie[2]) untersucht worden. Sie fanden durch eine verbesserte Absorptionsmethode $L/Q = 10{,}5\ \%$, ein Resultat, das offenbar, den Fehlerquellen der Untersuchungsmethode zufolge, zu gross ist. Später hat aber Stewart noch eine Bestimmung dieses Lichteffekts ausgeführt[3]) und zwar durch das Integrieren der auf spektrometrischem Wege erhaltenen Energiekurve, wobei er den früheren hohen Wert bestätigt findet. Dies erklärt sich doch aus einem Fehler, den der Verf. bei Behandlung seiner Beobachtungsresultate gemacht hat.[4]) Bei Vermeidung dieses Fehlers erhält man aus den Beobachtungen des Herrn Stewart einen Wert des Lichteffektes, welcher in vollständiger Übereinstimmung mit dem oben gefundenen, zwischen 5 % und 6 % liegt.

Dass der Lichteffekt der Strahlung unserer gewöhnlichen Beleuchtungsmittel sehr unbedeutend ist, war schon längst bekannt. Es scheint aber, als wären die früheren Bestimmungen dieser Grösse — mit Ausnahme vielleicht derjenigen von Langley — noch zwei- bis dreimal zu hoch.

Physikal. Institut der Univ. Upsala. Jan. 1902.

(Eingegangen am 31. Januar 1902.)

1) Man vergleiche die Darstellung von Drude: Lehrbuch der Optik, S. 445, 1900, wo die von Tumlirz angegegebenen Werte als Grundlage der Berechnungen angeführt sind.

2) E. L. Nichols, The Phys. Review **11**, 219, 1900; diese Zeitschr. **2**, 221, 1901.

3) G. W. Stewart, The Phys. Review **14**, 257, 1901.

4) Der Verf. führt seine im prismatischen Spektrum gemachten Beobachtungen in ein Normalspektrum ein und dividiert jede Beobachtung mit dem Quadrate der bezüglichen Spaltbreite ausgedrückt in Wellenlängen (S. 275—276 l. c.). Er verwandelt auf diese Weise sein prismatisches Spektrum eigentlich zweimal ins Normalspektrum.

Über die Doppellinien im Spektrum der Chromosphäre.

Von A. Schmidt (Stuttgart.)

Die anomale Dispersion scheint berufen, den Erklärungsgrund für verschiedene Besonderheiten der Refraktionserscheinungen in den Atmosphären der Himmelskörper, besonders der Sonne, zu geben. Es wäre ja höchst merkwürdig, wenn die Eigenschaft des Natriumdampfes, dem Lichte, das den Linien seines Emissionsspektrums benachbart ist, eine beiderseits weit über die Grenzen des Spektrums hinausreichende Brechbarkeit zu geben, nur auf diesen einen oder wenige andere Körper beschränkt wäre. Vor allem ist zu begrüssen, dass durch die gesetzmässige Auffassung der Erscheinung sich ein neuer Erklärungsgrund für die Linienverschiebungen in dem Spektrum des Lichtes der Sonnenflecken bietet und man nicht genötigt ist, nach dem Dopplerschen Prinzip auf die unwahrscheinlichsten Geschwindigkeiten von Massenbewegungen zu schliessen.

Auch für das Phänomen der Chromosphäre liefert die anomale Dispersion eine neue von der auf Kirchhoff zurückgehenden abweichende Erklärung. Und diese von Herrn W. H. Julius in zwei Berichten an die k. Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam, die auch in der Physikalischen Zeitschrift[1]) veröffentlicht wurden, gegebene neue Theorie ist zudem gestützt durch eine höchst merkwürdige neue Thatsache, welche den Sonnenphysikern bis jetzt entgangen war. Die hellen Linien der Chromosphäre, besonders ihres dem Sonnenrande nächsten Teiles, der unmittelbar vor und nach der Totalität einer Sonnenfinsternis die Erscheinung des „Flash“ bietet, diese Linien, welche man seit Kirchhoffs grosser Entdeckung als ein Emissionsspektrum der umkehrenden Schicht, als die genaue Umkehrung des Fraunhoferschen Absorptionsspektrums

1) Jahrg. **2**, 348—53, 357—360, 1901; Jahrg. **3**, 154—158, 1902.

betrachtete, sind nicht einfach, sondern bei feinster photographischer Aufnahme alle verdoppelt.

Herr Julius kann im Chromosphärenspektrum keinen Anteil von Eigenlicht der Chromosphäre entdecken, er sieht in diesen Linien einen Auszug aus dem weissen Lichte der Photosphäre, abgelenkt als anomal zerstreutes Licht durch die Schlieren der nur schwach selbstleuchtenden chromosphärischen Gase.

Nun dürfte es aber nicht ungerechtfertigt erscheinen, eine Erklärung, welche auf die verhältnismässig kleinen und zufälligen Refraktionswirkungen der Schlieren gegründet ist, auf ihre Verträglichkeit mit der auch in der Sonnenatmosphäre wirksamen allgemeinen Strahlenbrechung zu prüfen. Wohl berücksichtigt der Autor diese Strahlenbrechung soweit sie die Wirkung der einzelnen Schliere modifiziert, nicht aber ihre gesetzmässige Wirkung im ganzen. Auch bei den Refraktionserscheinungen in der Erdatmosphäre müssen wir drei Grössenordnungen unterscheiden, 1. die allgemeine astronomische und terrestrische Strahlenbrechung, 2. die unregelmässigen und ausserordentlichen Störungen jener, 3. die häufigsten und kleinsten Störungen, welche deswegen wieder einen regelmässigen Charakter annehmen, und die man wegen ihrer Wirkung auf das Fixsternlicht als Scintillation bezeichnen kann.

In einer sehr anziehenden Studie[1]) hat vor kurzem Herr Julius die anomale Dispersion mit der Strahlenbrechung im Horizont in Verbindung gebracht und eine Erklärung des „grünen Strahls", des ersten und letzten Sonnenstrahls beim Aufgang bezw. Untergang der Sonne gegeben. Sollte er mit dem ersten und letzten Strahl der verfinsterten Sonne, dem Flash, nicht besser ebenso verfahren sein, seine Erklärung lieber an die Refraktion erster, als an die dritter Ordnung zu knüpfen?

O — M K H L

O' — K'H'L'

Vorstehende, in den Massen ziemlich willkürlich gezeichnete Teilungen sollen Bilder des wirklichen und des scheinbaren Sonnenradius darstellen. Ein leuchtender Gasball vom Radius OL sei umgeben von einer unbestimmbar hohen Atmosphäre eines sehr leichten Gases, beispielsweise von 1000 mal kleinerem Molekulargewicht als Wasserstoff, einer Gashülle, die auch in das unter L befindliche Gebiet sich fortsetzt unter allmählich zunehmender Beimischung von Wasserstoff, Helium, Leichtmetallen, Schwermetallen, bis zu einer Tiefe M, in welcher die Konzentration der gasigen Lösung so stark ist, dass ihr Licht ein kontinuierliches Spektrum weissen Sonnenlichtes liefert. Der Brechungsindex n der Gase wird von M bis H nahe bis zur Einheit abnehmen, über H sich asymptotisch diesem Werte 1 des freien Äthers nähern. Seine Werte in den einzelnen Punkten seien bezeichnet durch n_L, n_H, n_M. Nach dem Refraktionsgesetz bestehen nun für die im Sonnenbilde sich darstellenden scheinbaren Dimensionen die Gleichungen:

$$O'L' = n_L OL, \quad O'H' = n_H OH.$$

Höchstwahrscheinlich ist es aber, dass keine entsprechende Gleichung $O'M' = n_M OM$ bestehe, denn ein Strahl, der in M senkrecht zu OM verläuft, kommt nicht wohl zum Austritt aus der Sonne. Wenn schon an der Erdoberfläche der ordentliche Betrag der Refraktion den horizontalen Strahlen eine Krümmung erteilt, deren Radius nur gleich dem 7 fachen Erdradius ist, so lässt sich für den Ort M des Sonnenballs zweifellos eine Strahlkrümmung erwarten, deren Radius kleiner als OM ist. Von M nach aussen sich fortpflanzende Strahlen müssen mit der Verlängerung von OM einen Winkel bilden, der unter einem bestimmten Grenzwert i liegt, $i < 90^0$. Zwischen M und H muss es einen Ort K geben, in welchem horizontale Strahlen um O im Kreise umlaufen, es ist $O'K' = n_K OK$ und $O'K' = n_M OM \sin i$, beides die Konsequenz des Brechungsgesetzes.

Das Bild der „kritischen Sphäre" deckt die Bilder der darunter liegenden Sphären, $O'K'$ ist der gemeinsame Radius ihrer Bilder. Wegen der sich allmählich verlangsamenden Abnahme der Werte von n gegen aussen ist sowohl die scheinbare Höhe $H'L' < HL$, als noch vielmehr $K'H' < KH$. Die Chromosphäre mit der scheinbaren Höhe $K'L'$ erscheint als Bild einer wesentlich höheren Schicht KL und ihr unterer Teil $K'H'$, das Gebiet des Flash, ist das ausserordentlich verjüngte Bild des oberen Teiles KH der umkehrenden Schicht MH.

Selbstverständlich erfüllt die Natur das allgemeine Schema nicht mit mathematischer Genauigkeit. Die Refraktionen dritter Ordnung und zeitweise diejenigen zweiter verhindern die Entstehung von Strahlen, die im Kreise umlaufen, verhindern die Bildung eines festen Ortes K und seines Bildes K'. Sowenig wir auf hohem Meeresufer in nebelgrauer Ferne eine kreisförmige Horizontlinie finden, während vielmehr die Scheitel verhältnismässig naher Wellen uns eine scharf und klar begrenzte Horizontlinie erzeugen, so wenig wird für uns durch die Refraktion erster Ordnung das Detail des Sonnenrandes erzeugt. Aber so, wie trotz der Scintillation und trotz der Schwankungen des Refraktionswertes für das Fixsternlicht doch

1) Le rayon vert par W. H. Julius, extrait des Archives Néerlandais etc.

ein Mittelwert der astronomischen Strahlenbrechung sich erhält, so wird auch das Schema unserer Sphären sich in der Mannigfaltigkeit kleiner Schwankungen erhalten und die Schärfe des Sonnenrandes wird um so deutlicher sich ausprägen, je kleiner die Bögen sind, welche die Strahlen der kritischen Sphäre in nahe horizontaler Richtung zurücklegen.

In dem Gebiete KH müssen wir nun diejenigen Schlieren annehmen, welche nach der Juliusschen Theorie das Nachbarlicht ihrer eigenen Spektrallinien unter anomaler Dispersion, den einen Teil desselben unter ultravioletter, den anderen unter infraroter Brechung ablenken, so dass dieses Licht, obgleich es von der Sphäre OK ausgeht, bezw. von der Photosphäre $O'K'$, doch zu unserem Auge von $K'H'$ zu kommen scheint. Die doppelte Art der Schlierenwirkung erklärt Herr Julius durch Vergleichung mit der Wirkung von zweierlei Prismen, deren eine Art ihre brechende Kante von der Sphäre K ab-, deren andere sie ihr zuwendet.

Zugegeben nun, was aber immerhin noch bedeutendem Zweifel begegnet, das Gesetz der anomalen Dispersion gelte für alle elektiv absorbierenden Substanzen in ähnlich starkem Grade wie für den Natriumdampf, so wird auch die allgemeine ordentliche, nicht bloss die ausserordentliche Strahlenbrechung von einer anomalen Dispersion begleitet sein. In dem ganzen Bezirk zwischen den Sphären M und H erzeugen die dort gelösten Metalle eine Gruppe infraroter und eine solche ultravioletter Strahlen. Streng genommen hat jede andere Spektralfarbe einen anderen Photosphärenrand K'. Dass wir die Photosphäre nicht violett umsäumt sehen, ist nur die Folge des im Gebiete K schon ausserordentlich kleinen Brechungsvermögens, für welches die ordentliche Dispersion verschwindet. Falls aber die anomale Dispersion nicht verschwindet, so ist die Konsequenz des Gesetzes der allgemeinen Refraktion, dass das infrarote Licht im Sonnenbilde einen unter K' liegenden Rand erzeugt, also verborgen bleibt, dagegen das ultraviolette einen K' überragenden Rand. Demnach sollte man erwarten, im Flash-Spektrum nur dem ultraviolett gebrochenen Lichte zu begegnen. Hätte Herr Julius keine Verdoppelung der Chromosphärenlinien entdeckt, so könnte, vom Gesichtspunkt der allgemeinen Refraktion aus, ernstlich in Frage kommen, ob nicht die Chromosphäre oder wenigstens ihr unterster Teil $K'H'$ das Produkt einer durch anomal stark zerstreutes Licht bewirkten Vergrösserung des Sonnenbildes sei. Wenn aber die Chromosphärenlinien doppelt sind, so lässt das Gesetz der allgemeinen Refraktion für die Anwesenheit des infrarotgebrochenen Teiles der Doppellinien keine andere Erklärung zu, als die, sie seien Eigenlicht der Schicht KH.

Sollte das der Fall sein, dann ist wohl auch die andere Hälfte der Doppellinien, das vermeintlich ultraviolett gebrochene Licht, solches Eigenlicht von KH und wir haben das Licht des Sonnenrandes $K'H'$ als Emissionslicht von KH zu betrachten.

Es ist zuzugeben, den ausserordentlichen Refraktionen kommt in der Sonnenatmosphäre eine gegenüber der regelmässigen Refraktion viel grössere Bedeutung zu, als auf der Erde, diese grössere Bedeutung aber doch vorzugsweise in den der Schwere weniger unterworfenen leichten Gasschichten über H. Soweit man auch innerhalb KH die Rolle der Schlieren hoch genug anzuschlagen bereit ist, mag man die Juliussche Erklärung teilweise als zutreffend betrachten. Wer aber aus Gründen der allgemeinen Refraktion die verhältnismässig beträchtliche Höhe von KH im Vergleich mit dem Bilde $K'H'$ zugiebt, für den hat es wohl keine Schwierigkeit, zur Erklärung der Doppellinien sich vorzustellen, dass die Schicht KH eine mit der Höhe abnehmende Dichte und abnehmende Temperatur besitze. Die tieferen Schichten erzeugen Eigenlicht mit breiten hellleuchtenden Spektrallinien. In den oberen Schichten von KH bilden sich in diesen breiten Linien schmale Absorptionslinien. Das Emissionsspektrum des Flash trägt ebenso, wie das Photosphärenspektrum, den Eindruck der Fraunhoferschen Linien.

Was den oberen Teil $K'H'$ der Chromosphäre betrifft, so kann man denselben ähnlich den Protuberanzen durch ausserordentliche Refraktionen in Schlieren erklären.[1]

Wir verdanken Herrn Julius durch die Einführung eines neuen Erklärungsprinzips in die Sonnenphänomene und besonders durch die wichtige Entdeckung der Verdoppelung der Chromosphärenlinien den Anstoss zu neuer gründlicher Prüfung der möglichen Theorien. Der Verfasser dieser Kritik im besonderen verdankt dem Herrn Autor die Befestigung seiner bisher noch schwankenden Vorstellungen über die Natur der Chromosphäre.

1) Vergl. die Abh. d. Verf. „Die Erklärung der Sonnenprotuberanzen etc." Zeitschrift Sirius, Mai 1895.

(Eingegangen 25. Februar 1902.)

Der Mensch als kalorische Maschine und der zweite Hauptsatz.[1]

Antwort an Herrn N. Zuntz.

Von K. Schreber.

Die Einwendungen, welche Herr Zuntz gegen meine, im Anschluss an den von mir

1) Vergl. diese Zeitschrift 3, 107, 1901, bezw. 3, 184, 1902.

gefundenen Wert des Wirkungsgrades des Menschen angestellten Betrachtungen macht, lassen sich auf zwei Punkte konzentrieren: 1. die Grösse des Wirkungsgrades, 2. das Temperaturgefälle. Meine Schlussfolgerungen bleiben durch sie unberührt.

Bei sämtlichen kalorischen Maschinen ist man gewöhnt, den wirtschaftlichen Wirkungsgrad in ein Produkt zu zerlegen:

$$\eta_w = \eta_k \cdot \eta \cdot \eta_i \cdot \eta_m.$$

η_k ist der Wirkungsgrad des Kessels, d. h. das Verhältnis der von der die Wärme übertragenden Flüssigkeit aufgenommenen zu der im Brennstoff enthaltenen Wärmemenge (η_k wird bei Explosionsmotoren gelegentlich gleich 1, z. B. beim Dieselmotor).

η der theoretische Wirkungsgrad des von der Maschine ausgeführten Prozesses, d. h. das Verhältnis der in Arbeit umgesetzten zur aufgenommenen Wärme für den Fall, dass der Prozess vollkommen nach der Theorie verläuft.

η_i der indizierte Wirkungsgrad; $(1-\eta_i)$ giebt die Verluste, welche dadurch entstehen, dass der Prozess nicht den Voraussetzungen entsprechend umkehrbar verläuft.

η_m der mechanische Wirkungsgrad; $(1-\eta_m)$ giebt die Verluste, welche entstehen, indem die vom wirklich ausgeführten Prozess entwickelte Arbeit nach aussen abgegeben wird.

Analog kann man auch den Wirkungsgrad des Menschen in vier Faktoren zerlegen: η_k wäre der Wirkungsgrad der Verdauung; $(1-\eta_k)$ gäbe also die unverdaut abgehende Nahrung u.s.w.

Ich habe nun, als ich vom Wirkungsgrad sprach, mich an den Gebrauch der Technik gehalten, welche unter Wirkungsgrad einer kalorischen Maschine schlechtweg stets das Produkt $\eta \cdot \eta_i \cdot \eta_m$ meint, da der Kessel einer Dampfmaschinenanlage stets als selbständiger Teil betrachtet, und bei allen Explosionsmotoren η_k in erster Annäherung gleich 1 gesetzt wird.

Auf Grund der neuesten Zusammenstellungen habe ich angegeben

$$\eta \cdot \eta_i \cdot \eta_m = 6{,}2\,\%$$

Herr Zuntz hat das Produkt $\eta \cdot \eta_i$ im Auge. Da die η definitionsgemäss kleiner als 1, so muss sein Wert grösser als der von mir gegebene sein. Um $\eta \cdot \eta_i$ zu erhalten bestimmt er, wenn ich den Ausdruck aus der Technik übertragen darf, die Leerlaufsarbeit; d. h. er bestimmt in einem Versuch die Energieaufnahme im Ruhezustande des Menschen, in einem zweiten die Energieaufnahme während der Arbeit. Die Differenz beider betrachtet er als die zur Arbeit verwendete Energiemenge und das Verhältnis der Arbeit zu dieser Energie bezeichnet er als Wirkungsgrad.

Gegen dieses Verfahren sind aber zwei wesentliche Bedenken geltend zu machen.

Das erste besteht darin, dass der menschliche Körper einen grossen Energievorrat repräsentiert; wie wäre es sonst möglich, dass Schiffbrüchige, ohne Nahrung aufzunehmen, tagelang die schwersten Arbeiten zu verrichten im stande wären.

Ich verglich deshalb den menschlichen Körper mit einem Elektrizitätswerk, welches neben der Dampfdynamo eine grosse Akkumulatorenbatterie besitzt. Das Beispiel der Schiffbrüchigen giebt uns das Recht, anzunehmen, dass der Energiegehalt der Batterie wenigstens 25 mal so gross sein muss, wie die durchschnittliche Energieaufnahme während 24 Stunden.

Wird in den Versuchen dieser Energievorrat nur bis auf 1 % konstant erhalten, so wird der Fehler im Resultat, da bei der Differenzbildung sein absoluter Wert ungeändert bleibt, 25 Proz.

Es müssen also die Versuche bedeutend genauer sein als bis auf 1 Proz.

Da ich nun nicht in der Lage bin, die Versuche des Herrn Zuntz nach dieser Hinsicht zu kontrollieren, so nehme ich an, die Konstanz des Energievorrates sei hinreichend genau erhalten worden.

Schlimmer erscheint mir das zweite Bedenken. Jeder Ingenieur weiss, dass $(1-\eta_m)$ durchaus nicht mit der Leerlaufsarbeit zusammenfällt, vielmehr wird eine Beziehung zwischen beiden erst durch Einführung der sogenannten Zusatzreibung erreicht: ob beim Menschen die Beziehungen entsprechend liegen oder nicht, darüber liegen soweit mir bekannt, keine Beobachtungen vor. Nun ergiebt sich, wenn wir den von Herrn Zuntz gegebenen Wert $\eta \cdot \eta_i = 40$ Proz. in Rechnung stellen, durch Kombination mit $\eta \cdot \eta_i \cdot \eta_m = 6{,}2$ Proz. der Wert $\eta_m = 16$ Proz. also $1 - \eta_m = 84$ Proz. Bei derartig hohen Werten der Reibungsverluste würde ein ganz geringer Koeffizient der Zusatzreibung ganz bedeutende Änderungen der Rechnung bedingen.

Ich ziehe es deshalb vor, für meine Schlussfolgerungen den Wirkungsgrad $\eta \cdot \eta_i \cdot \eta_m$ beizubehalten, gegen den derartige Bedenken nicht vorgebracht werden können.

Nimmt man übrigens den von Herrn Zuntz gegebenen Wert $\eta \cdot \eta_i = 40$ Proz. als richtig an, so ist der mechanische Wirkungsgrad, 16 Proz., so niedrig, dass er sogar von dem des Dieselmotors, der doch von allen kalorischen Maschinen den niedrigsten hat — nach Beobachtungen von E. Meyer 75 Proz. — bei weitem übertroffen wird. Danach ist also der menschliche Körper eine für Leistung mechanischer Arbeit sehr schlecht konstruierte Maschine. Ein Resultat, welches mit der Entwicklung in der Industrie übereinstimmt, in welcher der Mensch

auch immer mehr und mehr alle mechanische Arbeit den Maschinen überlässt und nur mit seinen geistigen Fähigkeiten wirkt. —

Gegen meine Annahme der Hauttemperatur als unterer Grenze hat Herr Zuntz zunächst den Fisch angeführt, dessen Körperwärme so wenig die des umgebenden Wassers überragt, dass es bisher nicht mit Sicherheit gelungen ist, die Grösse der Differenz festzustellen. Landois giebt in seinem Lehrbuche der Physiologie 1891 für Amphibien und Fische die Differenz zwischen Körper- und Wassertemperatur zu 0,5 bis 3° C. Das sind recht merkliche Differenzen; und da diese Tiere in dem, im Verhältnis zur Luft als guten Wärmeleiter zu betrachtenden Wasser leben, so darf man ihre Hauttemperatur ohne weiteres gleich der des Wassers setzen. Es fällt also das ganze Temperaturgefälle innerhalb des Körpers.

Anders ist es beim Menschen, welcher in der, die Wärme schlecht leitenden Luft lebt; hier ist Hauttemperatur und Lufttemperatur verschieden. Dass ich der ersten Rechnung die Lufttemperatur zu Grunde legte, sollte nur die zufällige Übereinstimmung der Zahlen zeigen. Ich habe bei der endgültigen Rechnung ausdrücklich die Hauttemperatur als ausschlaggebend hingestellt; deshalb verstehe ich nicht recht, wie mir Herr Zuntz zuschreibt, ich hätte das Temperaturgefälle einer kalorischen Maschine aus der Temperaturdifferenz zwischen Kühlwasser und äusserer Luft bestimmen wollen.

Dass bei dem indischen Kuli, der in einer die Körpertemperatur übersteigenden Lufttemperatur arbeitet die Hauttemperatur niedriger ist als die des Körperinneren, dafür sorgen die verdunstenden Wassermengen, welche er zu sich nimmt. Die untere Grenze des Temperaturgefälles wird hier gerade so bestimmt, wie bei einem Oberflächenkondensator, dessen Röhrensystem nicht durch Kühlwasser, sondern vielleicht durch verdunstende flüssige Kohlensäure gekühlt wird. Obgleich schliesslich die abgeführte Wärme von der Luft aufgenommen wird, so muss doch als unterste Temperatur des Temperaturgefälles die sicherlich unter Lufttemperatur liegende Temperatur der gekühlten Röhren gesetzt werden. Die Temperatur der Luft ist hier wie beim indischen Kuli ganz gleichgültig.

Es existiert also auf jeden Fall ein Temperaturgefälle zwischen dem Innern des Körpers und der Haut; ob dieses die Arbeit bedingt, lassen wir zunächst noch dahingestellt.

Herr Zuntz setzt als untere Grenze des die Arbeit bedingenden Temperaturgefälles die Temperatur des Körperinneren, und sucht das Gefälle dann dem von ihm gefundenen Wirkungsgrad anzupassen, indem er als obere Temperatur 244° angiebt. Zunächst ist gegen diese Zahl rein formal zu bemerken, dass der Wirkungsgrad des Herrn Zuntz höchstens $\eta \cdot \eta_i$ sein kann, wenn wir von den oben auseinandergesetzten Bedenken absehen wollen. Nun ist aber $\eta_i < 1$ und wir können ruhig, da bei hohen Temperaturen die Abweichungen vom theoretischen Prozesse grösser sind, als bei niedrigen, setzen $\eta_i = 80$ Proz. Dadurch wird $\eta = 50$ Proz. und die obere Temperatur ist dann schon 347°. Ferner, da der theoretische Prozess sicher kein Carnotscher ist, muss die Temperatur noch höher sein; ich runde sie auf 400° ab.

Dass derartige Temperaturen durch chemische Prozesse erzeugt werden können, zeigen die Verbrennungsvorgänge der kalorischen Maschinen. Unter den Kesseln der Dampfmaschinen sowohl, wie im Explosionsraum der Explosionsmaschinen namentlich des Dieselmotors kommen Temperaturen vor, welche bis an die Dissoziationstemperatur der CO_2 d. h. nahezu 2000° heranreichen.

Entstehen können also derartige Temperaturen; ob aber die Muskeln sie vertragen können, ist eine andere Frage. Herr Zuntz hilft sich, indem er diese Temperatur nur für einzelne verstreut im Muskel liegende Molekeln annimmt. Das ist eine Hypothese, welche experimentell weder als richtig noch als falsch nachgewiesen werden kann. Sämtlichen Instrumenten, mit denen sie geprüft werden soll, und mögen sie noch so fein sein, kann man den Vorwurf machen, dass sie die mittlere Temperatur einer grossen Zahl nebeneinander liegender Molekeln während eines grösseren Zeitabschnittes geben.

Trotzdem aber braucht die Hypothese noch lange nicht richtig zu sein.

Stellen wir uns auf den Boden der kinetischen Gastheorie und nehmen an, die zur Verbrennung einer Fettmolekel nötigen Sauerstoffmolekeln lägen so nebeneinander, dass die Fettmolekel bei ihrer Bewegung auf sie zu, alle mit einem Male trifft, so wird jedenfalls die Geschwindigkeit der bewegten Molekeln gross genug sein, um diese nach der kinetischen Gastheorie als 400° warm erscheinen zu lassen. Bei diesen heftigen Bewegungen der sich vereinigenden Molekeln werden aber jedenfalls die benachbarten sehr in Mitleidenschaft gezogen, d. h. ein Teil der bei der Verbindung frei werdenden Wärme wird von vornherein an die benachbarten Molekeln abgegeben, ohne für den Arbeitsprozess in Frage zu kommen; diese Wärme entspricht dem grössten Teil der durch $1 - \eta_i$ gegebenen Verluste. Bei der immerhin recht schlechten Wärmeleitfähigkeit der Muskelsubstanz ist es unter diesen Umständen sehr wahrscheinlich, dass die benachbarten Molekeln bald eine Temperatur erreichen werden, bei welcher sie absterben. Wenn man also auch nicht experimentell die Hypothese als falsch nachweisen kann, so ist sie doch wie

man sieht, derartig unwahrscheinlich, dass man mit ihr nicht zu rechnen braucht.

Wenn im menschlichen Körper ein Temperaturgefälle Arbeit liefernd wirksam ist, so kann es nur das zwischen Innentemperatur und Hauttemperatur sein; ein anderes giebt es nicht.

Die diesem Temperaturgefälle entsprechende Arbeit ist aber, mag man den von Herrn Zuntz vorgezogenen Wirkungsgrad $\eta \cdot \eta_i$ oder auch nur den von mir in die Rechnung eingesetzten $\eta \cdot \eta_i \cdot \eta_m$ zu Grunde legen, auf jeden Fall zu klein, d. h. der menschliche Organismus darf nicht als kalorische Maschine bezeichnet werden bezw. es wird nur ein kleiner Teil der vom Menschen geleisteten Arbeit nach Art der kalorischen Maschinen gewonnen, während der andere Teil durch eine von der Wärme verschiedene Zwischenenergie aus der chemischen Energie der Nahrungsmittel entsteht.

Das ist ein für die Technik höchst wichtiges Resultat.

Die Technik will die in der Kohle steckenden Energievorräte möglichst vorteilhaft ausnutzen. Wenn nun zwar im Dieselmotor schon ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad $\eta_k \cdot \eta \cdot \eta_i \cdot \eta_m =$ 30 Proz. erreicht ist, so ist doch die Anwendung des Dieselprozesses auf Petroleum beschränkt und namentlich für die, die festen Brennstoffe benutzenden Maschinen ist der Wirkungsgrad nur ungefähr halb so gross. Das Beispiel des menschlichen Körpers zeigt aber, dass eine Zwischenenergieform existiert, mit deren Hilfe man vorteilhafter arbeitet, als durch die Wärme hindurch; und es wäre nun nach dieser zu suchen, damit die Technik sich ihrer bedienen kann.

Ob die Oberflächenenergie, mit welcher Bernstein die Arbeitsvorgänge im menschlichen Körper erklären will, für die Technik brauchbar ist, bedürfte der Untersuchung; in Anbetracht der geringen Verschiedenheiten in den Werten der Oberflächenspannung scheint mir aber die Aussicht darauf recht schwach.

(Eingegangen 23. Februar 1902.)

Über die Wärmeleitung des Argons.[1])

Von Walther Schwarze.

Auf Anregung von Herrn Professor Dorn habe ich die Wärmeleitung von Argon (und zum Vergleiche auch die von Luft) nach der Methode von Schleiermacher[2]) untersucht.

1) Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Universität Halle a. S.

2) Schleiermacher, Wied. Ann. **34**, 623, 1888.

Dies Verfahren wurde deswegen gewählt, weil es gestattet, mit einer relativ kleinen Gasmenge lange dauernde Beobachtungen auszuführen, ohne dass man eine Verunreinigung zu befürchten hat.

Das Argon war, abgesehen von der geringen Beimengung von Neon, Krypton und Xenon rein.

Vorbehaltlich der Berücksichtigung geringfügiger Korrektionen, welche wahrscheinlich das Resultat ein wenig herabdrücken werden, erhielt ich bei 0^0 für

Luft	Argon
0,0000572	0,0000392.

Der Wert für Luft ist in guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Winkelmann[1]) und E. Müller[2]) (0,0₄568 bezw. 0,0₄56).

Die kinetische Gastheorie liefert zwischen dem Koeffizienten der Wärmeleitung k und dem der Reibung η bekanntlich die Beziehung[3]):

$$k = f \cdot \eta\, c_v\,,$$

wo c_v die spezifische Wärme bei konstantem Volum ist und f nach den Rechnungen von Conrau und Neugebauer den Wert 1,6027 besitzt.

Führt man bei Argon für c_v nach Dittenberger[4]) ein 0,1233/1,667 = 0,0740 (was sicher nahe zutrifft), ferner nach H. Schultze[5]) für 0^0 $\eta = 0{,}0002104$, so ergiebt die Formel:

$$k = 0{,}0000\,2496$$

also erheblich weniger, als die Beobachtung.

Um Übereinstimmung zu erzielen, müsste sein:

$$f = 2{,}516\,,$$

und dies Ergebnis steht in nahem Einklang mit den Rechnungen von Wüllner[6]) über den — ebenso wie Argon — einatomigen Quecksilberdampf, für welchen der Faktor 3,15 sein müsste.

Ob durch eine weitere Ausarbeitung der kinetischen Gastheorie sich der Widerspruch beseitigen lässt, muss einstweilen dahingestellt bleiben.

1) Winkelmann, Wied. Ann. **48**, 180, 1893.

2) Egon Müller, Wied. Ann. **60**, 82, 1897.

3) O. E. Meyer, Die kinetische Theorie der Gase. 2. Aufl. Math. Zusätze S. 128, 1899.

4) Dittenberger, Inauguraldiss. Halle 1897.

5) H. Schultze, Diss. Halle 1901 und Ann. der Physik **5**, 140, 1901.

6) Citiert nach O. E. Meyer, l. c. 295.

Halle a. S., 2. März 1902.

(Eingegangen 4. März 1902.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

J. von Geitler (Prag), Über Kathodenstrahlen.[1])

Der Inhalt des Vortrages wurde im wesentlichen bereits in dieser Zeitschr. **2**, 601, 1901, unter dem Titel „Über die durch Kathodenstrahlen bewirkte Ablenkung der Magnetnadel" veröffentlicht. Um etwaigen, wie der Vortragende glaubt, allerdings unberechtigten Einwänden zu begegnen, hatte er schon seiner Zeit versucht, die magnetische Wirksamkeit der durch ein Lenardsches Fenster getretenen Strahlen nachzuweisen. Die experimentellen Schwierigkeiten, welche der Herstellung genügend intensiver Lenardstrahlen entgegenstehen, konnten bisher nicht überwunden werden. Mit Bezug auf ein in den Beibl. zu den Ann. d. Physik **25**, 717, 1901, erschienenes Referat über seine Arbeit bemerkt der Vortragende, mit Bedauern wahrgenommen zu haben, dass von der althergebrachten Art des Referierens in diesem Journal in allerdings vereinzelten, aber darum desto auffallenderen Fällen abgewichen werde, indem zu der reinen Inhaltsangabe der referierten Abhandlung kritische Randbemerkungen des Berichterstatters hinzutreten — also Polemik an einem Orte, wo die Möglichkeit der Erwiderung fehlt. Was die Einwände des Referenten in dem vorliegenden speziellen Falle anlangt, so bewegen sich dieselben in der, wie oben gesagt, zwar vorhergesehenen, aber vom Vortragenden nicht als stichhaltig anerkannten Richtung. Die Begründung der Einwände durch den Herrn Referenten ist dem Vortragenden unverständlich geblieben. Der Vortragende bedauerte es daher doppelt, dass der Herr Referent sich bereits während des Vortrages entfernt hatte und daher keine Aufklärung über diesen Punkt geben konnte.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 4. Oktober 1901.)

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen.)

König (Greifswald). Ich bedaure auch meinerseits, dass Herr Dr. Kaufmann nicht mehr zugegen ist, um die von ihm angedeutete Auffassung der Versuche ausführlicher darlegen zu können. Was die von dem Herrn Vortragenden getadelte Änderung in der Haltung der Beiblätter anbetrifft, so entspricht sie dem Wunsche einer Anzahl von Referenten, die es ablehnten, die Darstellung einer Arbeit mit ihrem Namen zu decken, wenn es ihnen nicht gestattet wäre, einer abweichenden Auffassung[1]) gelegentlich Ausdruck zu geben. In Übereinstimmung mit dem Herrn Verleger halte ich es für richtig und zweckmässig, diesem Wunsche zu entsprechen. Die rein sachliche Äusserung einer anderen Meinung ist doch kein persönlicher Angriff. Der nochmaligen Darlegung der eigenen Ansicht aber seitens des Herrn Verfassers, unter Bezugnahme auf die Bemerkungen der Beiblätter, dürfte doch im allgemeinen kaum ein Hindernis im Wege stehen, weder in den Annalen selbst noch in einer anderen Zeitschrift, und selbstverständlich würde es alsdann die Pflicht der Beiblätter sein, auch darüber einen Bericht zu bringen.

v. Geitler: Die Antwort von Prof. König beweist gerade meine Behauptung. Die Annalen sind eben ein anderer Ort, als die Beiblätter. Es war bisher üblich, dass Bedenken gegen die Richtigkeit physikalischer Arbeiten in wohlbegründeter Weise in einem der hierzu geeigneten Journale veröffentlicht wurden, nicht aber in einem kurz gehaltenen Referate, wo die kritischen Randbemerkungen dann ebensoviel oder mehr Raum einnehmen als das eigentliche Referat selbst. Persönlich nehme ich die Sache durchaus nicht, es handelt sich mir vielmehr um das Prinzip und ich hätte das Wort wohl auch ergriffen, wenn es sich um einen anderen, mich selbst nicht berührenden Fall gehandelt hätte. Ich möchte nur noch dem sehr geehrten Herrn Redakteur den Wunsch aussprechen, den Beiblättern ihren alten Charakter wiederzugeben, und ich glaube, dass ich mit dieser Forderung nicht allein stehe.

1) Abteilung 2, 24. September 1901. Anm. bei der Korrektur: Ich habe inzwischen gefunden, dass bei meinen damaligen Versuchen eine Fehlerquelle vorhanden war, und habe über diesen Punkt im Anzeiger der kais. Akademie in Wien Nr. III, 23. Januar 1902 berichtet. Die betreffende Notiz (**3**, 257, 1902), ist auch auf Seite 257 dieser Zeitschrift abgedruckt. Geitler.

1) Anmerkung bei der Korrektur. Nur um eine solche handelt es sich und nur in diesem Falle entsteht die von dem Herrn Vortragenden erwähnte Schwierigkeit. Thatsächliche Unrichtigkeiten in den Referaten sind die Beiblätter jederzeit bereit, in einer besonderen Mitteilung richtig zu stellen. König.

VORTRÄGE UND REDEN.

Beiträge zum dynamischen Ausbau der Festigkeitslehre.[1]

Von A. Sommerfeld.

Die Resonanzerscheinungen, die in allen Gebieten der Physik eine bekannte wichtige Rolle spielen, scheinen in den technischen Wissenschaften noch nicht diejenige Beachtung gefunden zu haben, die sie zweifellos verdienen. Ausser der Elektrotechnik kennt und berücksichtigt sie bisher nur der jüngste Zweig der deutschen Technik, der hoffnungsvolle und mächtig aufstrebende Schiffsbau, dank den tiefgehenden Untersuchungen von O. Schlick und den anschliessenden Forschungen von H. Lorenz, L. Gümbel und H. Frahm.[2] An vereinzelten Hinweisen darauf fehlt es natürlich auch in anderen Gebieten nicht. So führt A. Föppl als einen möglichen Grund für den Einsturz der Birsbrücke bei Mönchenstein den Synchronismus der natürlichen Schwingungen des Obergurtes mit gewissen von der Lokomotive hervorgerufenen Erregungen an (nach einer freundlichen brieflichen Mitteilung Föppls dürften die letzteren denjenigen Kräften entsprechen, welche die zum Massenausgleich benutzten Zusatzgewichte vermöge ihrer Centrifugalkraft in vertikaler Richtung auf die Schienen übertragen). Auch die Föpplsche Theorie der Lavalturbine hängt aufs Engste mit den Resonanzerscheinungen zusammen; denn die sogenannte kritische Geschwindigkeit der Turbine, bei welcher ihre Welle am stärksten schleudert, ist gerade diejenige, bei welcher die Wechselzahl der die Schwingung anregenden Centrifugalkraft übereinstimmt mit der freien Schwingungszahl der Welle.

Dass die Resonanzerscheinungen auch sonst von ausschlaggebender Bedeutung für die Sicherheit der Konstruktionen und für die Wirkung der Maschinenteile sein können, dass, allgemeiner gesprochen, die Festigkeitsberechnungen der Ingenieure, die sich in der Regel auf dauernde Beanspruchungen und auf das Gleichgewicht der Systeme beziehen[3], nach der dynamischen Seite hin, für veränderliche Kräfte und bewegte Systeme, ausgebaut werden müssen, wurde mir in jüngster Zeit durch zwei Anfragen besonders nahe gelegt, die meine Kollegen, die Herren Boost und Lynen, im Anschluss an praktisch vorliegende Fälle an mich richteten. Im einen Falle handelte es sich um eine Aufgabe aus dem Bauingenieurwesen, im anderen um ein Problem des Maschinenbaues, im einen Falle um Biegungsschwingungen von Trägern, im anderen um Torsionsschwingungen von Wellen. Danach werden sich auch unsere folgenden Betrachtungen und Experimente beziehen, 1. auf Biegungs- und 2. auf Torsionsschwingungen.

1. Denken wir uns ein Gebäude, welches auf Trägern stehen muss, weil darunter die Eisenbahn durchgeführt werden soll. In dem Gebäude ist eine Dampfmaschine aufgestellt — bei dem mir vorgelegten Falle beiläufig bemerkt in 10 m über dem Erdboden. Während sich die in der Maschine sonst thätigen Kräfte, Dampfdruck, Arbeitswiderstände, im ganzen aufheben und das Gebäude nicht in Mitleidenschaft setzen, teilen sich die Massenwirkungen, d. h. die Trägheitskräfte der hin- und hergehenden Massen, dem Gebäude mit. Sie stellen bei einer Zweicylindermaschine mit zwei um 90° versetzten Kurbeln eine Kraft dar, die im Tempo der Umdrehungszahl periodisch wechselt, nach einem Gesetz, das, wie man sieht (Fig. 1), wesentlich das Gesetz einer einfachen Sinusschwingung ist. (Die beiden punktierten Zickzacklinien sind die den beiden Einzelcylindern entsprechenden Massendrucke, die ausgezogene Linie das Resultat ihrer Zusammensetzung.)

Massendruck

Zeit

Dauer einer vollen Umdrehung

Fig. 1.

Wie stark müssen nun — das war die Frage, vor die wir uns gestellt sahen — die Träger gewählt werden, damit die Schwankungen des Gebäudes unterhalb einer gewissen Grenze, sagen wir etwa unterhalb $^1/_2$ mm bleiben? Es ist leicht, die „statische" Ausbiegung, y_{stat}, der Träger zu berechnen unter der Annahme, dass die wirkende Kraft andauernd etwa mit dem Höchstbetrage, den der Massendruck während einer Umdrehung

---

1) Vortrag, gehalten im Aachener Bezirksverein deutscher Ingenieure, Juli 1901.

2) Der Vortrag von H. Frahm auf der Naturforscherversammlung in Hamburg „Neuere Untersuchungen im Schiff- und Schiffsmaschinenbau" wird in kurzem in dieser Zeitschrift erscheinen.

3) Die bekannten Wöhlerschen Versuche und die aus ihnen abgeleiteten Regeln, die zumal wegen ihrer ausserordentlichen Einfachheit von dem allergrössesten Werte für die ausführende Technik sind, wird man doch wohl nur als einen ersten Schritt in der angegebenen Richtung und als eine rohe Annäherung an die Mannigfaltigkeit der thatsächlichen Verhältnisse ansehen können.

erreicht, thätig ist.[1]) Weiter aber muss man sich fragen, wie weicht die „dynamische Ausbiegung", d. h. die bei periodisch wechselnder Kraft thatsächlich eintretende, von der statischen ab? Zu diesem Zwecke hat man die Biegungsschwingungen eines unserer Träger, also eines Stabes zu untersuchen, der am einen Ende im Erdboden befestigt, am anderen Ende durch Verbindung mit der Hauptmasse des Gebäudes in vertikaler Richtung eingespannt ist, derart, dass er hier an Richtungsänderungen, aber nicht an Verschiebungen im horizontalen Sinne behindert ist. Dieses Ende des Stabes wird nun von einer periodischen Kraft P angegriffen (dem auf den einzelnen Träger entfallenden Teil des Massendruckes) und ist überdies mit einem Gewichte Q belastet (dem auf den Träger entfallenden Teil des Gebäudegewichtes) vgl. Fig. 2a.

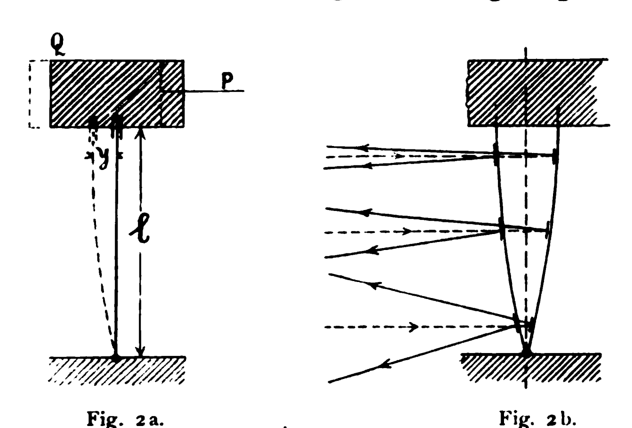


Fig. 2a. Fig. 2b.

Die Amplitude der wechselnden dynamischen Ausbiegung dieses Stabes nennen wir y_{dyn}. Es zeigt sich nun, dass man das Resultat in folgende übersichtliche Form bringen kann:

$$y_{dyn} = y_{stat} \cdot \gamma.$$

γ nenne ich den „dynamischen Koeffizienten". Ich verzichte darauf, den etwas umständlichen analytischen Ausdruck dieses Koeffizienten anzugeben; es wird darin das Zusatzgewicht Q, das Eigengewicht q des Stabes, der Elastizitätsmodul E des Stabmateriales, das Trägheitsmoment $\mathfrak{J}$ des Stabquerschnittes, die Stablänge l und namentlich die Periodenzahl n des Kraftwechsels eingehen.[2]), [3]) Die folgende Fig. 3 giebt

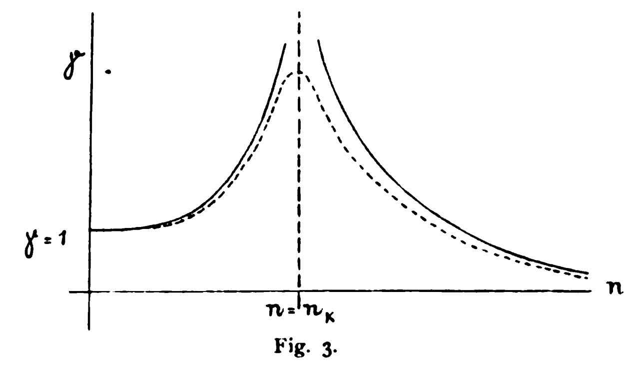


Fig. 3.

uns dasselbe wie die Formel in leichter verständlicher Weise; sie ist überdies für alle derartigen Fragen typisch. Bei kleinem n, d. h.

Anmerkungen.

Dieselben sollen hauptsächlich zur Kontrolle der im Vortrag gemachten Zahlenangaben dienen. Ich benutze hier wie dort durchgehends das technische Masssystem.

1) Die statische Ausbiegung unseres Stabes von der Länge l durch eine konstante Kraft P (vgl. Fig. 2a) kann aufgefasst werden als Ausbiegung eines Stabes von der Länge $2l$, der an beiden Endpunkten drehbar befestigt ist unter dem Einflusse einer in seiner Mitte angreifenden Kraft $2P$. Diese beträgt bekanntlich

$$(1) \qquad y_{stat} = \frac{2P}{E\mathfrak{J}} \frac{(2l)^3}{48} = \frac{Pl^3}{3E\mathfrak{J}}.$$

Umgekehrt ist diejenige Kraft, die eine gegebene Ausbiegung y_{stat} hervorruft,

$$(2) \qquad P = \frac{3E\mathfrak{J}}{l^3} y_{stat}.$$

Die Grösse des Zusatzgewichtes Q ist für die Frage nach der statischen Ausbiegung gleichgültig.

2) Freie Stabschwingungen, angenäherte Berechnung. Ist das Zusatzgewicht Q gross gegenüber dem Eigengewichte q, so wird die Spannungsverteilung im Stabe dieselbe wie im Gleichgewichtsfalle: der Stab überträgt bei jeder Ausbiegung y auf das Zusatzgewicht Q eine elastische Kraft, welche der in (2) berechneten entgegengesetzt gleich ist. Die Gleichung der freien Schwingung des mit Q belasteten Stabes, d. h. die Bewegungsgleichung von Q, lautet daher:

$$(3) \qquad \frac{Q}{g}\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{3E\mathfrak{J}}{l^3} y = 0.$$

Setzt man $y = A \sin kt$, so wird

$$(4) \qquad k^2 = \frac{3E\mathfrak{J}g}{Ql^3}.$$

k bedeutet das π-fache der Schwingungszahl n, d. h. der Anzahl der halben Pendelungen pro Sekunde. Man findet also, wie im Text angegeben:

$$(5) \qquad n = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{g}{l}\frac{3E\mathfrak{J}}{l^2 Q}}.$$

3) Erzwungene Stabschwingungen, angenäherte Berechnung. Wirkt auf Q überdies die periodische Kraft $\mathfrak{P} = P \sin \omega t$, so ist Gl. (3) zu ersetzen durch

$$(3') \qquad \frac{Q}{g}\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{3E\mathfrak{J}}{l^3} y = P \sin \omega t.$$

Die so entstehende erzwungene Schwingung hat natürlich die Periode von $\mathfrak{P}$, d. h. die Periode $2\pi/\omega$. Nennt man die Amplitude wie im Text geschehen y_{dyn}, setzt also $y = y_{dyn} \sin \omega t$ so findet man aus (3') leicht

$$(6) \qquad y_{dyn} = \frac{y_{stat}}{1 - \frac{\omega^2}{k^2}},$$

wobei die Abkürzungen y_{stat} und k^2 durch (1) und (4) erklärt sind. Der „dynamische Koeffizient"

$$(6') \qquad \gamma = \frac{y_{dyn}}{y_{stat}} = \left(1 - \frac{\omega^2}{k^2}\right)^{-1} = \left(1 - \frac{n^2}{n_k^2}\right)^{-1}$$

zeigt als Funktion von ω oder von $n = \frac{\omega}{\pi}$ aufgetragen, den Verlauf von Fig. 3. Der „kritische Wert" n_k hat die Bedeutung $n_k = \frac{k}{\pi}$.

bei geringer Tourenzahl wird $\gamma = 1$ und somit $y_{dyn} = y_{stat}$. Dies war zu erwarten, da eine langsam veränderliche Beanspruchung von einer dauernden nicht wesentlich verschieden ist. Die Sache ändert sich aber sofort, wenn n in die Nähe einer gewissen kritischen Tourenzahl n_K kommt. Dann steigt γ rapide an, d. h. die Ausbiegung bei veränderlicher Kraftwirkung wird erheblich grösser, wie die statische. Ist die kritische Tourenzahl einmal überschritten, so flacht sich die γ-Kurve wieder ab und die Ausbiegung sinkt unter jede Grenze herab. Die punktierte Kurve zeigt zugleich an, wie diese Verhältnisse durch energieverzehrende Kräfte (innere und äussere Reibung, elastische Nachwirkung etc.) geändert werden: statt des unendlichen Anstieges für $n = n_K$ haben wir hier nur ein mehr oder minder ausgeprägtes Maximum.

Die kritische Umdrehungszahl fällt natürlich mit derjenigen Schwingungszahl zusammen, die der freien Schwingung unseres Trägers entspricht (der freien Schwingung von niedrigster Frequenz; denn die Oberschwingungen liegen bei einigermassen beträchtlichem Zusatzgewichte Q so hoch, dass sie praktisch nicht in Betracht kommen). Bei dieser Umdrehungszahl folgt das ganze schwere Gebäude willig der — an sich nicht grossen — Kraft der Maschinenmassen; die Ausbiegung der Träger wird bedenklich und die Schwankungen des Gebäudes für dessen Insassen höchst unangenehm, wenn nicht gefährlich.

Wir haben aber die Mittel in der Hand, dies Zusammenfallen zu vermeiden. Wir müssen nur den Querschnitt der Träger so gross wählen, dass die freie Trägerschwingung ihrer Frequenz nach hoch genug über der Frequenz des Kraftwechsels liegt. Es wird sich etwa empfehlen $n_K = 10\,n$ zu machen, damit wir in respektvollem Abstand von dem ansteigenden Teile der Kurve unseres dynamischen Koeffizienten bleiben. Es ist ja klar, dass eine Verstärkung des Trägers seine freie Schwingung erhöht, dass nämlich ein System um so schneller schwingt, je steifer es gebaut ist, je mehr elastischen Widerstand es einer Entfernung aus der Ruhelage entgegensetzt. Im umgekehrten Sinne wird eine Vermehrung des Zusatzgewichtes Q am Ende, sowie eine Vermehrung der Stablänge wirken. Dies zeigt die folgende mit hinreichender Annäherung geltende theoretische Formel der freien Schwingungszahl: [4]), [5])

$$n_K = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{g}{l} \cdot \frac{3\,E\,\mathfrak{J}}{l^2\,Q}},$$

in welcher der erste Faktor unter dem Wurzelzeichen an die Berechnung der gewöhnlichen

---

4) Erzwungene Schwingungen, genaue Berechnung. Soll die Trägheit des Stabes berücksichtigt, d. h. das Eigengewicht q nicht gegen Q vernachlässigt werden, so hat man die folgenden wohlbekannten Beziehungen zwischen der in jedem Querschnitte auftretenden grössten Normalspannung (oder Biegungsspannung) σ, der Schubspannung (oder Tangentialspannung) τ, dem Momente M der Biegungsspannungen um die Neutrale (oder dem Biegungsmomente) und dem Gesamtschube S im Querschnitte (oder der Scher- oder Querkraft):

$$(7)\qquad M = \frac{\mathfrak{J}\,\sigma}{e},\quad S = f\,\tau = \frac{\partial M}{\partial x},\quad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{-M}{E\,\mathfrak{J}},$$

$$\mu\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{\partial S}{\partial x}.$$

e bedeutet den im Querschnitte vorkommenden grössten Abstand von der Neutralen, f die Fläche des Querschnitts, μ, die Masse des Stabes pro Längeneinheit, ist $= \frac{q}{g\,l}$; $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ wird als angenäherter Ausdruck für die augenblickliche Krümmung der elastischen Linie benutzt. Hieraus ergiebt sich einerseits durch Elimination von S und M die bekannte Differentialgleichung für die Stabschwingungen:

$$(8)\qquad \mu\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + E\,\mathfrak{J}\,\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = 0,$$

andererseits die Ausdrücke von M und S durch y:

$$(8')\qquad M = -E\,\mathfrak{J}\,\frac{\partial^2 y}{\partial x^2},\quad S = -E\,\mathfrak{J}\,\frac{\partial^3 y}{\partial x^3}.$$

Die Grenzbedingungen lauten: Das untere Ende des Stabes ($x = 0$) wird festgehalten: $y = 0$, und es kann wegen der Art der Lagerung kein Biegungsmoment übertragen werden: $M = 0$ oder wegen (8') $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$. Am oberen Ende ($x = l$) gilt zunächst $\frac{\partial y}{\partial x} = 0$; ferner halten sich hier die Trägheitskraft des Zusatzgewichtes Q und die vom Stabe übertragene Schubkraft $-S = +E\,\mathfrak{J}\,\frac{\partial^3 y}{\partial x^3}$ mit der äusseren Kraft $\mathfrak{P}$ das Gleichgewicht.

Die Grenzbedingungen lauten also:

$$(9)\qquad \text{für } x = 0:\ y = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0,$$

$$(10)\qquad \text{für } x = l:\ \frac{\partial y}{\partial x} = 0,\quad \frac{Q}{g}\,\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - E\,\mathfrak{J}\,\frac{\partial^3 y}{\partial x^3} = \mathfrak{P} = P \sin \omega t.$$

Das allgemeine Integral von (8), welches einer harmonischen Schwingung von der Periode $\frac{2\pi}{\omega}$ entspricht, lautet:

$$y = (a \sin hx + b \cos hx + A\,\mathfrak{Sin}\,hx + B\,\mathfrak{Cos}\,hx) \sin \omega t,$$

wobei

$$(11)\qquad h^4 = \frac{\mu\,\omega^2}{E\,\mathfrak{J}} = \frac{q\,\omega^2}{g\,l\,E\,\mathfrak{J}}.$$

Wegen der Bedingung (9) wird $b = B = 0$ und wegen (10), wenn man $h\,l = \lambda$ setzt:

$$(12)\qquad a \cos \lambda + A\,\mathfrak{Cos}\,\lambda = 0.$$

$$(13)\qquad \frac{Q}{g}\,\omega^2 (a \sin \lambda + A\,\mathfrak{Sin}\,\lambda) - E\,\mathfrak{J}\,h^3 (a \cos \lambda - A\,\mathfrak{Cos}\,\lambda) = -P.$$

Die gesuchte Amplitude am oberen Ende ist:

$$(14)\qquad y_{dyn} = a \sin \lambda + A\,\mathfrak{Sin}\,\lambda.$$

Um aus (12), (13) und (14) a und A bequem zu eliminieren, berechne man etwa aus (12) und (14):

$$a = y_{dyn}\,\frac{\mathfrak{Cos}\,\lambda}{\sin \lambda\,\mathfrak{Cos}\,\lambda - \cos \lambda\,\mathfrak{Sin}\,\lambda},$$

$$A = -y_{dyn}\,\frac{\cos \lambda}{\sin \lambda\,\mathfrak{Cos}\,\lambda - \cos \lambda\,\mathfrak{Sin}\,\lambda}.$$

Setzt man diese Werte in (13) ein und benutzt die Abkürzung

$$\Lambda = \frac{\cos \lambda\,\mathfrak{Cos}\,\lambda}{\sin \lambda\,\mathfrak{Cos}\,\lambda - \cos \lambda\,\mathfrak{Sin}\,\lambda},$$

Pendelschwingung erinnert und der zweite Faktor den besonderen Verhältnissen unseres Stabes Rechnung trägt. Wir benutzen dieselbe, um dasjenige Trägheitsmoment $\mathfrak{J}$ des Stabquerschnittes zu berechnen, für das, wie verlangt, $n_K = 10\,n$ wird, nämlich:

$$\mathfrak{J} = 100\,\pi^2 n^2 \frac{l^3 Q}{3\,g\,E}.$$

so folgt

$$y_{dyn} = \frac{-P}{\frac{Q}{g}\omega^2 - 2\,E\,\mathfrak{J}\,h^3 \Delta}.$$

Indem wir die frühere Definition des dynamischen Koeffizienten γ aufnehmen

$$\gamma = \frac{y_{dyn}}{y_{stat}},$$

wobei y_{stat} durch Gl. (1) erklärt ist, erhalten wir

$$\gamma = \frac{3\,E\,\mathfrak{J}}{2\,E\,\mathfrak{J}\,\lambda^3 \Delta - \frac{l^3 Q}{g}\omega^2}.$$

Hierfür schreiben wir mit Benutzung des in (4) definierten Wertes von k^2:

$$\gamma = \frac{1}{\frac{2}{3}\lambda^3 \Delta - \frac{\omega^2}{k^2}}. \tag{15}$$

Der erste Term des Nenners wird bei kleinem Werte von λ, wie man durch Reihenentwickelung der trigonometrischen und hyperbolischen Funktionen findet, nahezu gleich 1; die vorstehende Formel deckt sich dann mit der früheren, Gl. (6'). Ob jene Gleichung ausreicht, oder ob die genauere Gl. (15) anzuwenden ist, hängt demnach von dem Werte von λ bez. von $\frac{2}{3}\lambda^3 \Delta$ ab.

5) Freie Stabschwingungen, genaue Berechnung. Die vorhergehenden Rechnungen können auch dazu dienen, die Eigenschwingung des Stabes genau, d. h. unter Berücksichtigung seiner Eigen-Trägheit zu bestimmen. Da nämlich diejenige erzwungene Schwingung, für welche $\gamma = \infty$ wird, mit der Eigenschwingung der Frequenz nach übereinstimmt, so hat man zur Auffindung der Eigenschwingung (oder richtiger der Eigenschwingungen) nur den Nenner von γ gleich Null zu setzen. Dies giebt:

$$\frac{\omega^2}{k^2} = \frac{2}{3}\lambda^3 \frac{\cos\lambda\,\mathrm{Cos}\,\lambda}{\sin\lambda\,\mathrm{Cos}\,\lambda - \cos\lambda\,\mathrm{Sin}\,\lambda}.$$

Da $\lambda = h\,l$ nach (11) die Grösse ω enthält, so haben wir hier eine transzendente Gleichung zur Bestimmung von ω bez. von $n = \frac{\omega}{\pi}$ vor uns. Die Gleichung hat unendlich viele Wurzeln, von denen aber nur die kleinste, die Grundschwingung, für uns in Frage kommt, da die übrigen bei einigermaassen überwiegendem Q erheblich höher liegen. Ist λ nicht zu gross, so wird es bequem sein, die rechte Seite nach Potenzen von λ zu entwickeln. Dies giebt:

$$\frac{\omega^2}{k^2} = 1 - \frac{17}{210}\lambda^4 + \ldots = 1 - \frac{17}{210}\frac{q\,l^3}{E\,\mathfrak{J}\,g}\omega^2 + , \ldots,$$

also, mit Rücksicht auf den Wert von k^2 in (4)

$$\omega^2 = \frac{1}{\frac{1}{3}\frac{Q\,l^3}{E\,\mathfrak{J}\,g} + \frac{17}{210}\frac{q\,l^3}{E\,\mathfrak{J}\,g}} = \frac{3\,E\,\mathfrak{J}\,g}{Q\,l^3}\,\frac{1}{1 + \frac{17}{70}\frac{q}{Q}}$$

und daher

$$n = \frac{\omega}{\pi} = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{g}{l}\frac{3\,E\,\mathfrak{J}}{Q\,l^2}}\left(1 - \frac{17}{140}\frac{q}{Q}\right). \tag{16}$$

Dieser Wert von n liegt etwas tiefer, wie der frühere Näherungswert (5), entsprechend dem Umstande, dass bei der früheren Berechnung von einem Teile der trägen Masse (von q) abgesehen wurde. Man entscheidet nach (16) leicht, wann letzteres zulässig ist.

An sich liegt ja auch die Möglichkeit vor, einen kleinen Wert von γ und somit die Ruhe des Gebäudes dadurch zu erzwingen, dass man n_K kleiner als n macht. Dieses Verfahren würde geringere Trägerquerschnitte erfordern und die Ausbiegung noch unter deren statischen Wert herabdrücken. Indessen werden wir kaum die Verantwortung auf uns nehmen wollen, die mit dem Überschreiten der kritischen Geschwindigkeit verbunden ist.

Ein sehr schönes Modell der besprochenen Verhältnisse liefert dieser Tisch mit schwerer eichener Platte von $1 \times 2{,}5$ m Seiten und 3 cm Dicke auf vier Beinen von Tannenholz (Querschnitt $6{,}3 \times 6{,}3$ cm). Die Füsse sind mit hartem Wachs am Boden befestigt; sonst würden wir bei den folgenden Versuchen ein veritables Tischrücken zu gewärtigen haben. Auf dem Tisch ist ein kleiner Motor (es war ein Hauptstrommotor) befestigt, dessen Schwungrad durch ein im Abstande 8 cm von der Achse einseitig angebrachtes Zusatzgewicht von 363 g excentrisch gemacht ist. Bei seiner Umdrehung entwickelt dieses Schwungrad Trägheitskräfte, nämlich eine Centrifugalkraft, welche bei der uns zumeist interessierenden Umdrehungszahl 310 pro Minute die Grösse von 3 kg hat. [6]) Wir können den horizontalen und vertikalen Bestandteil dieser Kraft einzeln betrachten. Beide befolgen ihrer zeitlichen Veränderlichkeit nach das einfache Sinusgesetz. Der horizontale Bestandteil wird Horizontalverschiebungen der Platte und damit Verbiegungen der Beine, der vertikale Bestandteil wird Transversalschwingungen der Platte hervorrufen. Die Periode des Kraftwechsels habe ich in der Hand, indem ich den Motor anfangs mit kleinem Strome laufen lasse und allmählich Widerstand ausschalte.

Die statische Seitenausbiegung der Beine unter dem Einfluss der geringen Centrifugalkraft ist offenbar sehr gering. Deshalb sehen Sie anfangs (bei geringem Strome und entsprechend geringer Tourenzahl) überhaupt keine merklichen Schwingungen. Ich steigere die Umdrehungszahl und komme bald einem kritischen Werte nahe. Die Schwingungen sind jetzt überraschend stark, wenn man die solide Konstruktion des Tisches bedenkt. Beispielsweise war es mir ganz unmöglich, bei diesem Grade des Wackelns nur eine einzige Zahl auf dem Tisch zu notieren. Die Umdrehungszahl des Motors beträgt jetzt 310, wie man durch einen kleinen Tourenzähler feststellt. Die zugehörige Grösse der Centri-

6) In der That ist $m\,r\,\omega^2$ mit

$$m = \frac{0{,}363}{981}(\mathrm{kg\,cm^{-1}\,sec^2}),\; r = 8\ \mathrm{cm},\; \omega = \frac{310}{60}\cdot 2\pi$$

gleich

$$\frac{0{,}363 \cdot 8}{981}\left(\frac{2\pi \cdot 310}{60}\right)^2 = 3{,}1\ \mathrm{kg}.$$

fugalkraft ist wie erwähnt 3 kg. die statische Ausbiegung würde 0,2 mm betragen,[7]) die thatsächlich beobachtete dynamische Ausbiegung aber ist nach jeder Seite ca. 5 mm gross. Unser dynamischer Koeffizient γ erreicht also die Grösse 25; er liegt, könnte man sagen, dem theoretischen Werte ∞ sehr viel näher, wie dem statischen Werte 1.

Jetzt schalten wir abermals Widerstand aus, so dass sich die Tourenzahl des Motors reichlich verdoppelt (auf ca. 700 übergeht), die Centrifugalkraft also mehr als vervierfacht. Da die Schwingungen schon vorher so stark waren, werden wir nun ganz exorbitante Schwingungen erwarten. Der Augenschein lehrt indessen das Gegenteil: der Tisch hat sich plötzlich und vollständig beruhigt. Wir haben eben die kritische Tourenzahl überstiegen und befinden uns auf dem flach verlaufenden rechten Teile unserer γ-Kurve (Fig. 3). Wohl meldet sich nun bereits eine andere Schwingung, die Plattenschwingung. Von ihrer Verfolgung wollen wir aber zunächst Abstand nehmen, da wir sie nachher unter günstigeren Bedingungen beobachten werden.

Dass es sich wirklich um eine Biegung der Beine handelt, können wir auf optischem Wege zur Anschauung bringen. Ich habe an einem der Tischbeine mit Wachs drei Spiegel befestigt (s. Fig. 2b). Diese werfen das (durch eine Linse konzentrierte) Bild einer Projektionslampe auf jenen Schirm und geben uns von den Richtungsänderungen der Tischbeine Kunde (nur von den Richtungs-, nicht von den Lagenänderungen). Leiten wir das Tischwackeln ein, so giebt der mittlere Spiegel ein stark auf und ab tanzendes Lichtbild, der unterste ein noch stärker tanzendes, der oberste ein wesentlich weniger bewegliches. Dieses entspricht dem Umstande, dass das obere Ende des Beines wegen seiner Verbindung mit der horizontal bleibenden Tischplatte in vertikaler Richtung nahezu festgehalten wird. Wir haben es also mit einem Stabe zu thun, der am oberen Ende an Richtungsänderungen, am unteren Ende an Lagenänderungen verhindert ist. Fig. 2b stellt die beiden äussersten Lagen des Tischbeines stark übertrieben dar. Auch die plötzliche Beruhigung des Tisches nach Überschreitung der Eigenschwingung lässt sich an dem nunmehr fast unbeweglichen Lichtbilde gut nachweisen.

Wenn ich die Eigenschwingung der Tischbeine auf Grund der Gestalt und Elastizität derselben, der Grösse der Zusatzmassen (Motorgewicht, Gewicht der Tischplatte und Gewicht der Klemmen) [8]) nach der vorher genannten Formel berechne, so finde ich die Zahl 400 pro Minute; die Differenz kann teils von der Nichtberücksichtigung der Reibung herrühren, teils davon, dass das spezifische Gewicht des Holzes und sein Elastizitätsmodul einigermassen willkürlich angenommen wurden.

Es ist eine allgemeine Regel, dass durch Vermehrung der Trägheit eines schwingenden Systems die Eigenschwingung desselben heruntergesetzt wird. Daher wird unser Tisch, wenn ich noch 40 kg in Bleigewichten herauflege, sein stärkstes Schwingen schon bei einer niedrigeren Umdrehungszahl zeigen. Die Beobachtung am Tourenzähler liefert 260 Umdrehungen, die theoretische Berechnung der Eigenschwingung 335.

Um schliesslich die schon genannte Plattenschwingung gut beobachten zu können, entfernen wir den grössten Teil der excentrischen Schwungradmasse. Die schwingungerregende Centrifugalkraft wird dadurch allerdings sehr klein; dafür können wir nun aber viel höhere Umdrehungszahlen erreichen und der Eigenschwingung der Platte viel näher kommen, wie vorher, derart, dass die Verstärkung der Schwingungen durch Resonanz die Kleinheit der anregenden Kraft reichlich aufwiegt. Bei dem vorher benutzten stark excentrischen Schwungrade war nämlich der Lagerdruck und damit die Lagerreibung so gross, dass wir über die Umdrehungszahl 750 nicht hinauskamen. Jetzt dagegen haben wir etwa die Tourenzahl 970; die ganze Platte befindet sich im Zustande starker, periodisch wechselnder Verbiegung. Statt unseres vorherigen optischen können wir hier ein akustisches Reagens benutzen: wir legen einige Schlüssel

7) Dieselbe ist nach Gl. (1) zu berechnen. Darin ist P gleich dem vierten Teile der soeben gefundenen 3,1 kg zu setzen, da sich die Kraft auf vier Tischbeine verteilt. Für E wurde als mittlerer Wert bei Holz 10^5 (kg/cm²) gewählt; J ist den angegebenen Querschnittsabmessungen der Tischbeine zufolge $\frac{1}{12}(6,3)^4 = 133$; die Länge der Beine vom Fussboden bis zur Platte betrug 1 m. Somit wird

$$y_{stat} = \frac{3,1 \cdot 10^6}{4 \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 133} = 1,05 \cdot 10^{-2} \text{cm} = \text{ca. } 0,2 \text{ mm}.$$

8) Es wog der Motor 9,5 kg, die Klemmen und Klötze, mit denen der Motor auf dem Tische befestigt war, 6,7 kg, die Tischplatte, wenn man als spezifisches Gewicht von Eichenholz 0,85, von Tannenholz 0,5 annimmt, 72,3, im ganzen 88,5; der vierte Teil davon ist $Q = 22,1$. Das Gewicht des einzelnen Tischbeines beträgt nur etwa $q = 2$ kg. Eine Berücksichtigung desselben nach Formel (16) hat keinen Zweck, da die Korrektion nur 1 % betragen würde. Wir können also nach Formel (5) rechnen. Mit den in der vorigen Anm. angegebenen Werten von E, J und l erhält man für die Zahl der Schwingungen in der Sekunde:

$$n = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{3 \cdot 10^5 \cdot 133 \cdot 981}{10^6 \cdot 22,1}} = 13,4.$$

Die Anzahl der Umdrehungen des Motors in der Sekunde ist halb so gross und daher die Umdrehungszahl in der Minute $= 30 \cdot 13,4 =$ ca. 400.

Nach Hinzufügung von 40 kg Bleigewichten ist Q auf $22,1 + 10$ angewachsen; alsdann wird $n = 11,1$ und die zugehörige Umdrehungszahl des Motors 335.

auf den Tisch, welche fortgesetzt in die Höhe geschnellt werden und dabei ein ganz gewaltiges Geräusch verursachen. Sie zeigen uns auch, wie die Knotenpunkte der Schwingung liegen: es sind dieses die Punkte, wo die Platte auf den Tischbeinen ruht; hier bleiben die Schlüssel ruhig liegen. Die Platte schwingt also etwa wie ein Tuch, das an seinen vier Ecken festgehalten wird, periodisch auf und ab. Natürlich muss die kritische Tourenzahl 970 der stärksten Plattenschwingung wieder mit der freien Schwingungszahl der Platte zusammenfallen. Eine theoretische Berechnung der letzteren scheint aber zur Zeit nicht möglich.

Sehr interressante Bemerkungen ergeben sich noch, wenn wir die Arbeitsverhältnisse im Motor und im Tisch näher verfolgen. Wir machen zunächst das Experiment, die Tischschwingung künstlich zu unterbinden, indem wir den Tisch festhalten. Wir bemerken dann, dass der Motor plötzlich auf eine höhere Tourenzahl überspringt, bei der er die kritische Umdrehungsgeschwindigkeit überwunden hat, und dass, auch wenn wir den Tisch nun wieder loslassen, kein Wackeln mehr einsetzt. Der Strom reichte also aus, um dem Motor eine höhere Umdrehungszahl wie 310 zu geben; nur durch die Mitwirkung des Tisches wird er auf der genannten Umdrehungszahl festgehalten.

(Fortsetzung folgt.)

REFERATE.



Technische Mechanik.

Besorgt von Prof. Dr. E. Meyer.



F. Kohlrausch und E. Grüneisen, Über die durch sehr kleine elastische Verschiebungen entwickelten Kräfte. Sitzungsberichte der Kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1901, XLVI.

Bisher haben die Physiker, wie in der Einleitung ausgeführt wird, allgemein angenommen, dass die Kräfte, welche in einem Körper durch sehr kleine Verschiebungen einer bestimmten Art entwickelt werden, mit der Grösse der Verschiebung im einfachen Verhältnis wachsen, selbst dann, wenn grössere Deformationen merkliche Abweichungen von dem konstanten Verhältnis mit sich bringen. Wird aber das von C. Bach[1]) mitgeteilte Dehnungsgesetz $\varepsilon = a\sigma^m$, wo a und m Konstanten bedeuten, zwischen der Dehnung ε und der Spannung σ auch bei sehr kleinen Spannungen als gültig angenommen, so nähert sich nach diesem Gesetze im Grenzfall beliebig kleiner Dehnungen deren Verhältnis zur Spannung nicht einer bestimmten endlichen Grenze, es wird vielmehr je nachdem $m \gtrless 1$, dieses Verhältnis schliesslich $= 0$ oder unendlich gross. Die Verfasser bestätigen nun, dass die Beziehung $\varepsilon = a\sigma^m$ die Bachschen Versuche gut wiedergiebt und deshalb als Interpolationsformel sehr brauchbar sein könne. Sie glauben sich aber dagegen wenden zu müssen, dass Herr v. Bach diese Beziehung „als das allgemeine Gesetz der elastischen Dehnungen bezeichne und der Formel hierdurch eine ganz andere Tragweite als einer Interpolationsformel zuschreibe". Wie demgegenüber der Referent ausdrücklich hervorheben möchte, ist es durchaus unrichtig, Herrn v. Bach unter Bezugnahme auf die angezogenen Veröffentlichungen diese Auffassung unterzuschieben. Vielmehr hat Herr v. Bach in beiden von den Verfassern angezogenen Veröffentlichungen betont[1]), dass die — von seinem früheren Schüler W. Schüle ermittelte — Gesetzmässigkeit $\varepsilon = a\sigma^m$ „beschränkt erscheint: zunächst auf das Gebiet, welches durch das vorgelegte Versuchsmaterial gedeckt wird, und auf solche Verhältnisse, welche Spannungen liefern, die innerhalb der für die ausübende Technik in Betracht kommenden Grenzen liegen"; auch dass der von ihm untersuchte Marmor dieser Gesetzmässigkeit nicht folge und dass sie ausserdem für Kautschuk nicht zutreffe.

Andererseits ist naturgemäss für den Physiker die Frage von Bedeutung, ob bei denjenigen Körpern, deren Verhalten innerhalb des in der Technik vorkommenden Spannungsbereiches die Beziehung $\varepsilon = a\sigma^m$ gut wiedergiebt, diese Beziehung auch bei sehr kleinen Verschiebungen gültig bleibt. Denn in diesem Falle müssten z. B. ganz neue Theorien über die Akustik fester Körper aufgestellt werden. Um dieser Frage durch den Versuch näher zu treten und dabei möglichst kleine elastische Formänderungen noch messen zu können, machen die Verfasser Durchbiegungsversuche an sehr dünnen Stäben, wobei sich auf Grund der gewählten Versuchsanordnung mittlere relative Längenänderungen der Fasern bis zu dem kleinen Betrage von rund 2×10^{-8} beobachten lassen. Für Schmiedeeisen, Messing und Schiefer ergiebt sich bei diesen Versuchen das Verhältnis $\frac{\varepsilon}{\sigma}$ als konstant; für graues Gusseisen dagegen tritt die von C. Bach gefundene ungewöhnlich

1) Untersuchungen von Granit. Allgemeines Gesetz der elastischen Dehnungen, Berlin 1897; Elastizität und Festigkeit, 3. Aufl., S. 71, Berlin 1898.

1) Vergl. die Klarstellung von C. Bach zu der hier referierten Arbeit in Ztschr. d. Ver. Deutsch. Ing. S. 25, 1902.

starke Beschleunigung der Deformation mit wachsender Belastung auffällig hervor. Indess deutet nach der Ansicht der Verfasser ihr Verlauf nicht auf eine Reihenentwickelung ohne lineares Glied hin. Die Beobachtungen für Gusseisen lassen sich auf Grund der Gesetzmässigkeit $\varepsilon = \alpha\sigma^m$ gut darstellen, doch deutet die systematische Verteilung des Fehlers dahin, dass der Exponent m bei kleinen Deformationen der Eins näher ist als bei grossen. Ungenügend anwendbar zeigt sich die gewöhnliche quadratische Interpolationsformel. Dagegen liefert eine vollkommen befriedigende und noch bessere Übereinstimmung als die Formel $\varepsilon = \alpha\sigma^m$ nach den Angaben der Verfasser eine Beziehung von der Form

$$\frac{\varepsilon}{\sigma} = A + B\sqrt{\sigma}.$$

Sie lässt sich auch auf die Bachschen Beobachtungen an Gusseisen, Marmor, Granit und selbst an Cement mit gutem Erfolge anwenden. Endlich stellen die Verfasser noch Schwingungsversuche mit den Hochkant in horizonntaler Lage am einen Ende eingeklemmten Stäben an. Die Schwingungsdauer, welche nach der Bachschen Formel mit $m > 1$ bei beliebig kleiner Amplitude beliebig klein werden müsste, hielt sich bei kleiner Schwingungsweite merklich isochron. Nach der Ansicht der Verfasser liegt also für die Physik keine Veranlassung vor, bei sehr kleinen Verschiebungen die alte Annahme fallen zu lassen.

Eugen Meyer.

(Eingegangen 27. Januar 1902.)

BESPRECHUNGEN.

E. Aschkinass und W. Caspari, Über den Einfluss dissociierender Strahlen auf organisierte Substanzen, insbesondere über die bakterienschädigende Wirkung der Becquerelstrahlen. Pflügers Archiv **86**, 603.

Aus den mit möglichster Sorgfalt und Vermeidung aller Fehlerquellen angestellten Versuchen der Verfasser ergiebt sich, dass Röntgenstrahlen auf Prodigiosuskulturen ohne jede Wirkung sind; von den durch radioaktive Baryumpräparate ausgesendeten Becquerelstrahlen ist die eine Art, welche weitere Luftschichten und selbst feste Körper durchdringt, gleichfalls wirkungslos; die zweite Art dagegen, welche von beliebigen Materien stark absorbiert wird, hemmt, aus entsprechender Nähe einwirkend, binnen zwei bis vier Stunden das Wachstum der Prodigiosuskolonien vollständig. Boruttau.

(Eingegangen 12. Dezember 1901.)

C. Cranz, Anwendung der elektrischen Momentphotographie auf die Untersuchung von Schusswaffen. 4°. 26 S. mit 24 Taf. Halle, W. Knapp. 1901. M. 4.—.

In Fortsetzung der gemeinschaftlich mit K. R. Koch ausgeführten Untersuchungen (Ann. d. Phys., 3, 247, 1901) über Vibrationen des Gewehrlaufs und explosionsartige Wirkungen moderner Infanteriegeschosse hat Cranz nunmehr die Mausersche Selbstladepistole eingehend untersucht bezüglich der Eintrittszeit der Entriegelung des Verschlusses und des Rückwärtsgleitens der Hülse im Patronenlager, der Gasdichtigkeit des Verschlusses und der zeitlichen Bewegung des Verschlusskolbens. Die Resultate sind in 45 Figuren dargestellt; sie bieten nebenbei auch physikalisches Interesse.

Englisch.

(Eingegangen 3. Dezember 1901.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Professor Dr. Hermann Kobold, Observator der Universitäts-Sternwarte Strassburg i. E., hat einen Ruf als Observator an die Sternwarte der Universität Kiel, Professor Dr. Beckmann, Direktor des Laboratoriums für angewandte Chemie an der Universität Leipzig einen Ruf an die Universität Berlin zum 1. Oktober, Professor Haussner-Giessen einen Ruf als ordentl. Professor der Mathematik und Vorstand der Bibliothek an der Technischen Hochschule in Karlsruhe angenommen.

Der Professor an der Technischen Hochschule in Berlin, Geheimrat O. N. Witt, welcher zum Ordinarius für die durch den Tod des Hofrats v. Perger erledigte Lehrkanzel der chemischen Technologie an der Technischen Hochschule in Wien vorgeschlagen worden war, wird dieser Berufung nicht folgen.

Der Dozent für die Elemente der höheren Mathematik an der Technischen Hochschule in Berlin Haentzschel und der langjährige Leiter der meteorologischen Arbeiten des Physikalischen Vereins Dr. J. Ziegler-Frankfurt a. M. wurden zu Tit.-Professoren, der ordentl. Professor der Geodäsie an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn Niessl v. Mayendorf und der ordentl. Professor der Mathematik an der Böhmischen Technischen Hochschule in Brünn Zahradnik zu Hofräten ernannt.

Professor Dr. Liebermann von der Technischen Hochschule Berlin feierte seinen 60. Geburtstag.

Die philosophische Fakultät der Universität Jena hat den dort lebenden Privatgelehrten Winkler, der eine eigene Sternwarte in Jena besitzt, wegen seiner hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen auf dem Gebiet der Astronomie zum Ehrendoktor promoviert.

Der erste Observator der Kieler Sternwarte, Richard Schumacher, ist im Alter von 76 Jahren gestorben.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 13. | 1. April 1902. Redaktionsschluss für No. 14 am 9. April 1902. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über drahtlose Telegraphie.

Von E. Lecher.

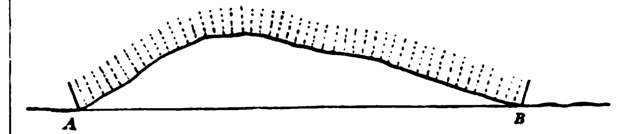
Unter dem Titel „Neues vom Hamburger Naturforschertage" hielt E. Lecher im Vereine „Lotos" in Prag am 26. Oktober 1901 einen Vortrag.

Einen Teil dieses Vortrages bildete eine Darstellung der neuesten Methoden der drahtlosen Telegraphie und speziell der von Braun und Siemens & Halske zwischen Cuxhaven und Helgoland installierten Anlage.

Dabei entwickelt E. Lecher folgenden, wie er glaubt, neuen Gesichtspunkt.

Bei grösserer Distanz — Marconi gelangte bereits bis zu 300 km — sollte man meinen, dass durch die Schirmwirkung der Erdkrümmung und anderer Hindernisse die Wirkung der elektrischen Wellen bis zur Unkenntlichkeit geschwächt würden. Ein linearer Erreger strahlt zwar in der Richtung der Schwingung keine Kräfte aus: die Hauptstrahlung erfolgt in der Äquatorialebene; trotzdem aber wird die Ausbreitung der Wellen ungefähr eine kugelförmige sein und das Gesetz der Abnahme der Intensität dürfte angenähert dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional sein. In einer Entfernung von 300 km wäre wohl kaum noch die Spur eines Effektes, selbst wenn wir von der Schirmwirkung der Erde u. dgl. absehen. Nach neuen Versuchen hat die Erdung von Geber und Sender keinen Einfluss. Man kann also von einer Erdleitung im gewöhnlichen Sinne nicht sprechen. Gleichwohl glaubt Vortragender, dass diese Leitung eine gewisse Rolle spielt und zwar in folgender Weise.

Wenn man nämlich in der Fortpflanzungsrichtung einer elektrischen Welle einen leitenden Draht spannt, so treten ganz merkwürdige Erscheinungen auf. Nach diesbezüglichen theoretischen Arbeiten (z. B. Sommerfeld) läuft die Welle längs des Drahtes; die elektrische Schwingung geschieht senkrecht zur Drahtoberfläche und ein Teil der Wellenenergie dringt in die äusserste Oberfläche des Drahtes ein. Es liegt nun die Idee nahe, dass in ganz analoger Weise die Wellen der drahtlosen Telegraphie auf der Erd- oder Wasserfläche weiter laufen senkrecht zu dieser schwingend, wobei nur am Fusspunkte etwas in die Erde eindringt. Die Richtung der hin- und herpendelnden elektrischen Kraft giebt die gestrichelte Linie der nachstehenden Skizze. A sei der Erreger, B der Empfänger. Die Details dieser Vorstellung müsste man ganz den Anschauungen über das



Streichen einer elektrischen Welle längs eines Drahtes nachbilden. Nun scheinen die Ergebnisse der drahtlosen Telegraphie zu zeigen, dass die Wellen über Wasserflächen besser gehen als über Landflächen. Wasser ist ein sehr guter Leiter für solche langsame Schwingungen (anomale Absorption).

Ist diese Anschauung richtig, so wird — abgesehen von Joulescher Wärme — die Abnahme der Wirkung der verkehrten ersten Potenz der Entfernung proportional sein, solange man nach allen Seiten um den Erreger Wasser oder Land hat. Ist aber ein breiter (elektrisch besser leitender) Meerarm zwischen Geber- und Empfangsstation, so leitet dieser Wasserweg die Wellen längs seiner Oberfläche ähnlich so wie der leitende Draht in den Sommerfeldschen Darstellungen. Dann entfällt die Ausbreitung nach allen Seiten der Fläche und die Thatsache, dass die Wellenenergie über so weite Strecken hinweg gelangt, erscheint weniger verwunderlich.

Diese Anschauungen des Vortragenden sind Vermutungen. Es würde sowohl eine Prüfung durch Rechnung als auch durch Laboratoriumsversuche nicht leicht möglich sein. Hingegen könnten passende Experimente im Freien unschwer angestellt werden.

Horizontale Erreger wirken bekanntlich im

Freien nur auf kleine Strecken. Das müsste im Luftballon weit weg von der Erd- oder Wasseroberfläche ganz anders sein. Hier müssten vertikale und horizontale Erreger gleich schlecht wirken. Will man auf eine vertikale Wand hinauftelegraphieren, so muss Erreger und Empfänger horizontal stehen. Das Hinauftelegraphieren längs einer leitenden Bergwand müsste viel leichter gehen als das Hinauftelegraphieren in einen gleich hohen Luftballon, wo die leitende Bergwand fehlt. Hätte man zwei gleich hohe Luftballons mit vertikalem Geber und Empfänger, so müsste die Wirkung um so besser werden, je mehr diese Ballons sich der Erdoberfläche nähern. Solche Versuche liessen sich in der mannigfaltigsten Weise zusammenstellen.

Sind diese Vermutungen richtig, so hat man eigentlich keine „drahtlose" Telegraphie. Auch ohne jegliche Drahtleitung wirkt Erd- oder noch besser die Wasseroberfläche als Leiter, der den längs seiner Oberfläche senkrecht zu derselben schwingenden Hertzschen Strahl als Leitlinie dient und denselben zusammenhält.

(Eingegangen 4. März 1902.)

Über die Beziehung zwischen Kathodenfall und Stromstärke.

Von J. Stark.

1. Einleitung. Über den normalen Kathodenfall des Glimmstromes ist man einig; nach Hittorfs und Warburgs Messungen erkennt jedermann an, dass er unabhängig von Gasdruck und Stromstärke ist. Über das Gesetz des abnormalen Kathodenfalls ist man nicht einig.

Nach G. C. Schmidt[1]) (Dezember 1899) ist der abnormale Kathodenfall eine lineare Funktion der Stromstärke. Ich stellte (Oktober 1901) auf Grund ausgedehnter Messungen folgendes Kathodenfallgesetz[2]) auf:

$$K = K_n + \frac{k}{pf^{1/2}}\left(i - j_n \cdot f\right)^{1/2}.$$

Hierin ist K_n der normale Kathodenfall, k eine Konstante, p der Gasdruck, f die Grundfläche des negativen Glimmlichtes, i die Stromstärke, j_n die Stromdichte bei normalem Kathodenfall. In dem Hefte des Philosophical Magazine für Dezember 1901 behauptet C. A. Skinner[3]), dass der abnormale Kathodenfall eine lineare Funktion der Stromstärke sei; er hatte seine Abhandlung bereits im August 1901 vor der American Association for the Advancement of science gelesen.

1) G. C. Schmidt, Ann. d. Phys. **1**, 640, 1900.
2) Diese Zeitschr. **3**, 88, 1901.
3) C. A. Skinner, Phil. Mag. (6), **2**, 616, 1901.

Ob das von mir vorgeschlagene Gesetz noch genaueren Messungen gegenüber standhalten kann, haben weitere Untersuchungen zu entscheiden. Aufgabe der vorliegenden Mitteilung soll sein zu zeigen, dass die Annahme einer linearen Abhängigkeit des abnormalen Kathodenfalls von der Stromstärke sich nicht auf Grund der bis jetzt vorliegenden Messungen aufrecht erhalten lässt. Meine über ein weites Druck- und Stromgebiet ausgedehnten Messungen zeigen in Kurvenform dies auf einen Blick.

2. Hittorfs Messungen. W. Hittorf[1]) hat die ersten Messungen über den abnormalen Kathodenfall angestellt. Er benützte hierbei eine scheibenförmige Kathode. Seine Messungen sind nicht zahlreich; er versuchte nicht, die Beziehung zwischen Kathodenfall und Stromstärke mathematisch zu formulieren. Ich gebe in der Fig. 1 zwei seiner Messungsreihen in Kurvenform; die Einheit der Stromstärke und diejenige des Kathodenfalles ist eine willkürliche.

Dass die Beziehung zwischen Stromstärke und Kathodenfall nicht linear ist, geht schon aus Hittorfs Messungen unleugbar hervor.

3. G. C. Schmidts Messungen. — G. C. Schmidt (a. a. O.) hat an einer Drahtkathode bei verschiedenen Temperaturen Messungen über den Kathodenfall angestellt. Er teilt eine Tabelle mit, in welcher lediglich für den Gasdruck von 0,96 mm zu 5—7 Werten der Stromstärke der zugehörige Kathodenfall angegeben ist. Er schreibt mit Bezug auf diese Tabelle folgendes. „Aus der Tabelle X geht hervor: Steigert man die Stromstärke, nachdem die Kathode schon ganz bedeckt ist, so nimmt das Kathodenpotential und zwar geradlinig mit der Stromstärke zu. Eine Formel von der Gestalt $v = v_0 + bi$, wo b eine Konstante bedeutet, stellt alle Beobachtungen dar."

Man geht in der Annahme wohl nicht fehl, dass Schmidt die von ihm gegebene Formel lediglich als Interpolationsformel für seine Messungen betrachtet wissen wollte. Dass er eine nahezu lineare Beziehung erhielt, hat zwei Ursachen. Erstens ist das Stromgebiet, in dem er beobachtete, nicht gross, und von den Werten für normalen Kathodenfall zu weit entfernt. Zweitens scheint er seine Beobachtungen nur auf höhere Gasdrucke beschränkt zu haben. Beide Ursachen lassen die Krümmung der K, i-Kurve nicht deutlich hervortreten.

4. Skinners Messungen. — Skinner (a. a. O.) benutzte bei seinen Messungen eine Plattenkathode. Mit Bezug auf die von ihm vorgenommene graphische Darstellung seiner Messungen schreibt er folgendes: „In der Figur stellt für den angegebenen Gasdruck

1) W. Hittorf, Wied. Ann. **21**, 129, 1884.

eine jede Gerade die Beziehung zwischen Kathodenfall in Volt und der Stromstärke in Milliampère dar. Sie zeigen, dass bei konstantem Druck der Kathodenfall eine lineare Funktion der Stromstärke ist. Mit abnehmendem Drucke nimmt die Neigung jener Geraden zur Abscissenachse zu. Die Gerade scheint von einer horizontalen Lage bei hohem Gasdruck auszugehen, und bei dessen andauernder Abnahme dreht sie

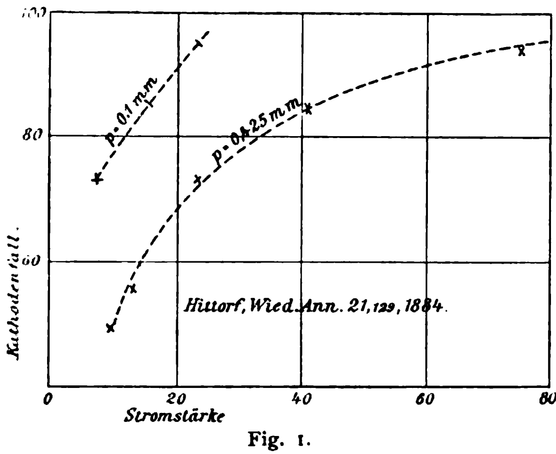
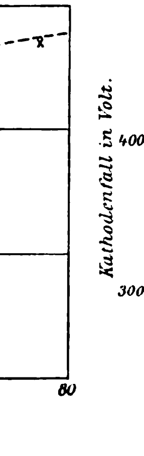


Fig. 1.



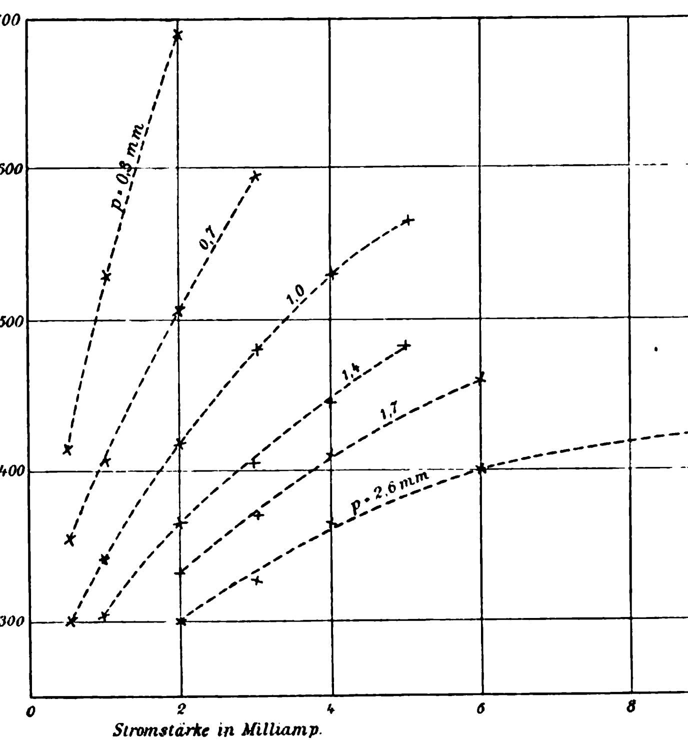


Fig. 2.

sich langsam um einen festen Punkt in dem zweiten Quadranten als Centrum gegen eine vertikale Stellung."

Nach meinem Dafürhalten hat Skinner seinen Messungen in der graphischen Interpolation Gewalt angethan. In Wirklichkeit liegen seine Punkte auf gekrümmten, nicht auf geraden Linien. Damit verliert auch die willkürliche Extrapolation auf einen gemeinsamen Schnittpunkt ihre Berechtigung. Eine ungezwungene graphische Interpolation, wie sie Fig. 2 zeigt, lässt die Krümmung der K, i-Kurven erkennen; als unsicher weggelassen sind in den drei unteren Kurven die unterhalb 300 Volt liegenden Werte; in der Kurve für $p = 0,3$ mm fehlt $K = 860$ für $i = 3$. Hätte Skinner seine Messungen auf noch grössere Stromstärken ausgedehnt, so wäre die Krümmung seiner K,i-Kurven noch unverkennbarer hervorgetreten, und es hätte ihm nicht entgehen können, dass der Kathodenfall nicht eine lineare Funktion der Stromstärke ist.

Göttingen, 23. Februar 1902.

(Eingegangen 25. Februar 1902.)

Einige vorläufige Versuche über die Bewegung von Ionen im veränderlichen Magnetfelde.

Von Bergen Davis.

Die Anregung zu den im folgenden beschriebenen Versuchen fand ich in den negativen Ergebnissen V. Crémieus bei seinen Bemühungen, in einem veränderlichen Magnetfelde eine Einwirkung auf statische Ladungen nachzuweisen.[1]) Die Anordnung dieser Crémieuschen Versuche kann kurz charakterisiert werden durch die Angabe, dass im Felde eines stark erregten Elektromagneten eine auf hohes Potential geladene Scheibe aufgehangen war. Wenn dann der Strom unterbrochen wurde, sollte auf die Scheibe eine der Maxwellschen Gleichung

$$1) \qquad curl\ \varepsilon = -\frac{1}{e}\frac{dH}{dt}$$

entsprechende Kraft einwirken.

Nun ist die Elektrizitätsmenge, die ein Körper von beträchtlichen Dimensionen tragen kann, verhältnismässig klein, so dass bei Crémieus Versuch $\frac{e}{m}$ eine kleine Grösse war.

Ich kam deshalb auf den Gedanken, die negativ geladenen Ionen eines ionisierten Gases als Träger der statischen Ladung zu benutzen; bei Ionen ist ja $\frac{e}{m}$ recht gross, und zwar etwa $4 \cdot 10^{17}$ E. S. Ein Ion muss sich, infolge seiner hohen Ladung, in einem veränderlichen Felde von mässiger Stärke mit beträchtlicher Geschwindigkeit bewegen. Um nun den theoretischen Betrag einer derartigen Ionenbewegung

1) Crémieu, Annales de Chimie et de Physique, 7. série, tome 24.

in einem solchen Felde zu zeigen, will ich einen einfachen Fall annehmen:

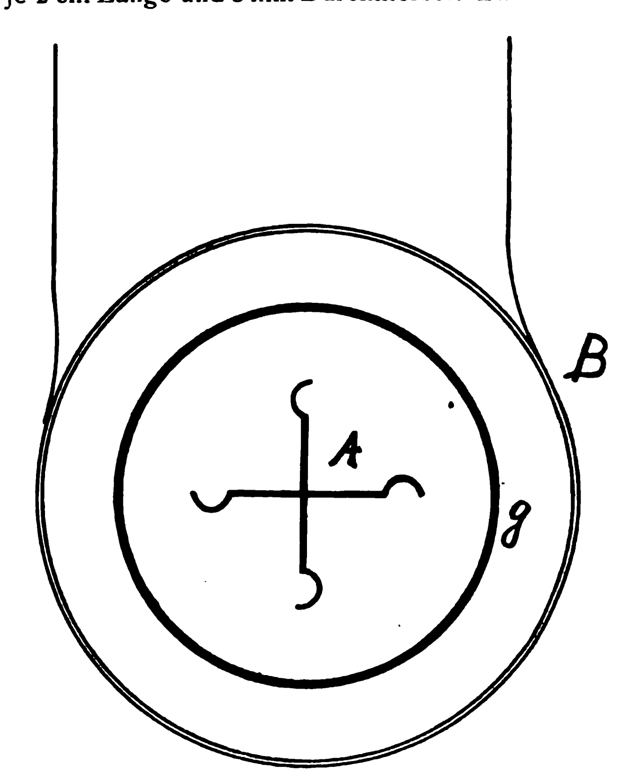
Ein cylindrisches Gefäss sei innerhalb einer Spule von nur wenig Windungen angebracht, durch welche ein oszillierender Strom von hoher Frequenz geht. Angenommen, es sei ein vollständiges Vakuum hergestellt, und es sei nur ein einziges negatives Ion vorhanden, das anfänglich sich in einer Entfernung r vom Mittelpunkt der Spule in Ruhe befindet.

Auf das Ion wird dann eine Kraft einwirken, deren Richtung im Kreisbogen mit dem Radius r um den magnetischen Mittelpunkt der Spule liegt. Wenn man nun die Centrifugalkraft und die Veränderung, die die anscheinende Masse infolge der Bewegung erfährt, vernachlässigt, wenn schliesslich die Maximalstärke des Feldes an der Stelle des Ions 100 c. G. S.-Einheiten beträgt und die Frequenz gleich 10^6 ist, kann man zeigen, dass das Ion eine harmonische oszillierende Bewegung auf kreisförmiger Bahn um den Mittelpunkt ausführen würde, mit einer Maximalverrückung gleich 20 cm von der Ruhelage und einer Maximalgeschwindigkeit von $13 . 10^7$ cm pro Sekunde.

Da es für den Zweck des Versuches wünschenswert ist, Ionen im Überfluss zu haben und über ein schnell wechselndes Magnetfeld zu verfügen, habe ich die bekannte elektrodenlose Entladung im oszillierenden Tesla-Feld benutzt, da bei dieser Entladungsform das Gas stark ionisiert und die Frequenz des Feldes hoch ist. Im vorliegenden Falle ist natürlich die Amplitude vielmal kleiner als die oben berechnete. Wahrscheinlich bewegen sich die Ionen nur über eine kurze Strecke und werden dann durch den Zusammenprall mit den Molekülen aufgehalten; durch den Zusammenprall erzeugen sie dann zahlreiche andere Ionen, welche ihrerseits durch Aufprall noch andere erzeugen, so dass die Wirkung immer stärker wird und schliesslich ein starker Strom, die Ringentladung, hervorgebracht wird.

Um nun durch den Versuch darzuthun, dass eine derartige Bewegung wirklich vorhanden ist, habe ich ein Miniatur-Anemometer angewandt, von der Art derer, mit deren Hilfe ich die oszillierende Bewegung der Luft in stehenden Schallwellen gezeigt habe.[1] Das Anemometer ist insofern zweckentsprechend, als es immer nur in einer Richtung rotiert, gleichviel in welcher Richtung die Teilchen auf dasselbe einwirken, so dass eine oszillierende Bewegung der Ionen eine Rotation erzeugen muss, vorausgesetzt, dass ihre Schwingungsamplitude mindestens gleich dem Radius der Schalen ist.

Die Anordnung war folgende: Vier grosse Leydener 20-Liter-Flaschen waren zu je zweien parallel geschaltet; die inneren Belegungen beider Paare wurden mit der Funkenstrecke, die äusseren Belegungen mit Spule B verbunden. Im Inneren dieser Spule, die aus 18 Windungen starken Drahtes bestand, war ein cylindrisches Glasgefäss g angebracht, das $5\frac{1}{2}$ cm im Durchmesser hatte. Dieses Gefäss stand fortdauernd mit einer Quecksilberluftpumpe in Verbindung. Ein Miniatur-Anemometer, ganz aus Glas, war auf einer Nadelspitze angebracht, so dass es recht ungehindert rotieren konnte. Dieses Anemometer mass $3\frac{1}{2}$ cm im Durchmesser, die Schalen, welche halbe Cylinder waren, hatten je 2 cm Länge und 6 mm Durchmesser. Zwischen



Spule und Gefäss war ein Faraday'scher Schirm angebracht, der in der Weise hergestellt worden war, dass schmale Streifen Zinnfolie parallel zur Spule auf einem Glascylinder befestigt wurden. Es zeigte sich, dass diese Anordnung das Gefäss recht gut gegen äussere elektrostatische Einflüsse schützte. Die Flaschen wurden mit einem grossen Induktorium geladen, welches von einem Wechselstrom mit 40 vollständigen Perioden pro Sekunde betrieben wurde. Die Länge der Funkenstrecke betrug 11 mm.

Wenn die nötige Luftverdünnung erreicht war, kam beim Übergang der Funken die weisse Ringentladung zum Vorschein, und das Anemometer rotierte in der Richtung der konvexen Seite der Schalen.

Im folgenden gebe ich die Versuche wieder: Die Worte „Vorwärts-Rotation" bedeuten Rota-

1) Amer. Jour. Sc. — Febr. 1902.

tion in der Richtung der konvexen Seite der Schalen.

1. Druck 3,6 cm. Quecksilber: Schwacher roter Lichtschein im Gefäss; Anemometer rotiert nicht; Gefäss kalt.

2. Druck 1,1 mm: Der rote Lichtschein ist tiefer und stärker; das Anemometer rotiert nicht; Gefäss kalt.

3. Druck 0,64 mm: Die weisse Ringentladung erscheint; Anemometer rotiert vorwärts, etwa 2 Umdrehungen pro Sekunde; das Gefäss wird recht heiss.

4. Druck 0,17 mm: Das Anemometer rotiert vorwärts, doch nicht so schnell wie bei Versuch 3; nach Unterbrechung des Teslastromes rotiert das Anemometer rückwärts; wenn man den Strom eine Zeit lang gehen lässt, besonders wenn das Gefäss fest in Papier eingehüllt ist, um die Wärme festzuhalten, werden die Gefässwände fast ebenso heiss wie die Flügel des Anemometers, und dieses rotiert nur langsam, und zwar rückwärts.

5. Druck 0,058 mm: Unmittelbar nach dem Auftreten der weissen elektrodenlosen Entladung rotiert das Anemometer rückwärts. Wenn man das Gefäss in Papier oder Filz hüllt, um die Wärme festzuhalten, ist folgendes zu beobachten: Wenn der Strom geschlossen wird, rotiert das Anemometer zunächst rückwärts, nach kurzer Zeit dreht es sich langsamer, hält still, und fängt an, vorwärts zu rotieren. Dies kann jedoch nur kurze Zeit hindurch fortgesetzt werden, da die Temperatur so hoch steigt, dass das Anemometer gefährdet wird.

6. Druck 0,024 mm: Das Anemometer rotiert zunächst rückwärts; wenn man das Gefäss jedoch mit einem Wärmenichtleiter einhüllt, rotiert es wie bei Versuch 5 vorwärts.

7. Druck 0,0017 mm: Die elektrodenlose Entladung trat nicht auf und das Anemometer rotierte nicht; Gefäss blieb kalt.

8. Bei Versuch 1 bis 7 war die Entfernung zwischen der Aussenkante der Anemometerschalen und den Gefässwänden etwa 1 cm. Es kam auch ein anderes Gefäss zur Anwendung, bei dem die Schalen den Wänden viel näher kamen. In diesem Falle war die Rückwärtsrotation unter allen Umständen viel stärker. Der Anfangsdruck, bei dem die Rückwärtsrotation auftrat, war weit höher als bei den Versuchen 4 bis 7.

9. Bei diesem Versuch enthielt das Gefäss eine kleine Mühle, die ganz ähnlich konstruiert war wie das Anemometer, nur dass sie flache Flügel hatte.

Dieselbe kam bei keinem Grade der Luftverdünnung in Rotation, auch nicht bei der stärksten Entladung, die zu erzielen war.

10. Ein viel grösseres Gefäss kam bei diesem Versuch zur Anwendung. Dasselbe mass 12 cm im Durchmesser, während das Anemometer nur 3 cm im Durchmesser hatte. Die Rotationsgeschwindigkeit war überraschend gross und erreichte 40 Umdrehungen per Sekunde. Bei keinerlei Verdünnung rotierte das Anemometer rückwärts. Dieser Umstand zeigt, dass bei dieser grossen Entfernung ($4\,^1/_2$ cm) zwischen Flügeln und Gefässwand keine Radiometerwirkung auftritt.

Es ist vielleicht wünschenswert zu erwähnen, dass ich auch ein Gefäss konstruiert habe, das zwei Anemometer übereinander enthielt, deren konvexe Seiten nach entgegengesetzten Richtungen gingen. Bei geeigneter Verdünnung rotierten dieselben auch in entgegengesetzter Richtung und drehten sich beide nach der konvexen Seite ihrer Schalen hin.

Die Rückwärtsrotation scheint auf Rechnung des Wärmeaustausches zwischen der konvexen Seite der Schalen und den Gefässwänden zu kommen, und zwar aus folgenden Gründen: 1. Bei Versuch 4 wirkt auf das Anemometer eine rückwärtstreibende Kraft ein, die noch eine Zeit lang nach Unterbrechung des Stromes anhält. Diese Kraft ist viel kleiner, wenn Schalen und Gefäss nahezu dieselbe Temperatur erreicht haben. 2. Bei Versuch 5 und 6 erzielt man die rückläufige Rotation nur dann, wenn zwischen Schalen und Wänden ein Wärmeaustausch stattfindet. Die Wirkung des Einhüllens des Gefässes mit einem Nichtleiter der Wärme besteht darin, dass die Innenfläche der Wände nahezu ebenso heiss wird wie die Flügel des Anemometers. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, verschwindet die rückläufige Kraft fast vollständig, und die vorwärts wirkende Kraft, die von der Ionenbewegung herrührt, erhält das Übergewicht. Auch der Umstand, dass die rückläufige Kraft mit wachsendem Vakuum stärker wird, spricht dafür, dass sie eine reine Radiometerwirkung darstellt.

Bei Versuch 3 und 4 ist der Abstand zwischen Schalen und Wänden wahrscheinlich grösser als die mittlere freie Weglänge der Moleküle, der Radiometereffekt ist demgemäss auch gering. Bei Versuch 8 hingegen ist die Radiometerwirkung stärker und tritt auch bei höherem Drucke auf, da die Schalen den Wänden näher kommen und die für eine Radiometerwirkung nötige mittlere freie Weglänge kürzer ist.

Wir können das Molekül, von dem das negative Ion sich losgelöst hat, als den Träger einer positiven Ladung ansehen, der also auch von dem wechselnden Magnetfeld eine Einwirkung erfahren wird. Seine Geschwindigkeit und Amplitude sind jedoch viel kleiner als bei dem negativen Ion. Die Amplituden sind umgekehrt proportional den Quadratwurzeln ihrer Massen, da die Energie in beiden Fällen gleich ist. Wenn ihre Amplituden von derselben Grössen-

ordnung sind wie der Schalenradius, wirken auch die positiven Ionen auf das Anemometer ein.

Es sind also zwei entgegengesetzte Kräfte vorhanden, die beide auf das Anemometer einwirken, die eine rührt von der Ionenbewegung her und die andere von dem Wärmetransport, der vom Centrum ausgeht. Die Rotationsrichtung hängt davon ab, welche von den beiden Kräften im Überschuss ist. Bisher habe ich keinerlei Versuche gemacht, quantitative Messungen vorzunehmen, obwohl derartige Messungen wahrscheinlich mit einer Torsionsaufhängung des Anemometers unter Anwendung eines Gefässes von der Grösse des bei Versuch 10 beschriebenen möglich wären.

Ich hoffe, binnen kurzem eine etwaige Potentialdifferenz zwischen Wand und Centrum des Gefässes zu untersuchen und ebenso die Bewegung von Kathodenstrahlen im Teslafeld einer Untersuchung zu unterziehen.

Abgesehen davon, dass diese Versuche eine direkte Bestätigung der Maxwellschen Gleichung liefern, dürften sie von einigem Interesse sein infolge ihrer Bedeutung für die Elektrontheorie der Elektrizität.

Die elektrodenlose Entladung besteht in einem schnell alternierenden elektrischen Strom, ähnlich wie der, der auftreten würde, wenn man einen Metallring innerhalb der Spule anbrächte. Es scheint also, dass ein derartiger Strom zum mindesten von Ionenbewegung begleitet wird, selbst wenn der Strom selbst nicht von derartiger Bewegung dargestellt wird.

Göttingen, 17. Februar 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 17. Februar 1902.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

H. Th. Simon (Frankfurt a/M.) und M. Reich (Frankfurt a/M.), Tönende Flammen und Flammentelephonie. Vorgetragen von H. Th. Simon.[1])

Das Gebiet der tönenden Flammen, über dessen gegenwärtigen Stand Dr. Reich und ich Ihnen auf Wunsch der Abteilungsleitung Bericht erstatten, stützt sich auf die von mir im Jahre 1898 am Flammenbogen gefundene Thatsache[2]), dass Stromoszillationen in einem mit der Atmosphäre kommunizierenden gasförmigen Leiter momentane und nahezu proportionale Volumänderungen des stromdurchflossenen Gases verursachen. —

Lagert man z. B. Mikrophonströme über einen Gleichstromflammenbogen, so giebt derselbe laut und deutlich alles wieder, was man in das Mikrophon hineinspricht. Das bekannte Brummen eines Wechselstromflammenbogens ist ein Spezialfall dieses Erscheinungsgebietes. —

Dass auch jedes andere leitende Gas, z. B. die Flamme eines Bunsenbrenners, auf geeignete periodische Stromdurchgänge mit analogen, wenn auch wesentlich schwächeren Schallwirkungen reagiert, ist Herrn Ruhmer[3]), im Gegensatz zu meinen früheren vergeblichen Versuchen[4]), zu zeigen gelungen.

Wegen der überraschend intensiven und deutlichen Lautwirkung, die sich nach diesem Prinzip am elektrischen Flammenbogen erzielen lässt, eine Wirkung, die denselben zu einem lautsprechenden Telephon bester Art macht, haben namentlich die Versuche mit der „sprechenden Bogenlampe" Interesse erregt. Wir führen dieselben der Vollständigkeit halber vor, und bitten um Entschuldigung, wenn wir damit vielen von Ihnen etwas Bekanntes bieten.

1) Abteilung 3, 24. Septbr. 1901.
2) H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**, 233, 1898.
3) E. Ruhmer, diese Zeitschr. **2**, 325, 1901.
4) H. Th. Simon, l. c. S. 238.

Man kann mancherlei Wege einschlagen, um die Mikrophonströme dem Flammenbogen überzulagern:

a) die Schaltung, mit der ich meine ersten Versuche machte. (Fig. 1.)[1])
b) die Schaltung des Herrn E. Ruhmer. (Fig. 2.)[2])
c) die Schaltung des Herrn W. Duddell. (Fig. 3.)[3])
d) die unter Verwendung des Duddellschen Kunstgriffes modifizierte Schaltung a). (Fig. 4.)
e) eine Art von Kombination der Schaltungen b) und c). (Fig. 5.)
f) die Abzweigung des Mikrophonkreises über einem Teile des Lampenkreises, der geeigneten Ohmschen und induktiven Widerstand enthält. (Fig. 6.)[4]) Auch diese Schaltung kann mit und ohne Duddellschen Kunstgriff verwendet werden, wie a).

1) H. Th. Simon, l. c.
2) E. Ruhmer, Der Mechaniker **8**, 279, 1900.
3) W. Duddell, The Electrician No. 8 u. 9, Dez. 1900; Ein ausführliches Referat steht diese Zeitschr. **2**, 425 und 440, 1901.
4) Schaltung e) und f) sind zuerst von uns angewendet und in einer Sitzung des Elektrotechnischen Vereins zu Frankfurt a. M. am 23. Febr. 1901 demonstriert worden.

Grundsätzlich lassen sich alle diese Schaltungen in zwei Gruppen ordnen: Gruppe I charakterisiert durch induktive Übertragung der Wechselströme eines besonderen Mikrophonkreises auf den Hauptkreis, Gruppe II charakterisiert dadurch, dass der Mikrophonkreis einen Zweig des Lampenstromkreises bildet. Bei der letzten Gruppe ist also keine besondere Mikrophonbatterie notwendig. Ausser diesem praktischen Vorteil der II. Gruppe erhellt ohne weiteres, dass dieselbe auch in Hinsicht der Ökonomie und Deutlichkeit der Übertragung von vornherein günstiger gestellt ist, wie die erste.

Denn, wie jedem Telephonelektriker bekannt ist, und wie ich s. Z. für den vorliegenden Fall ausführlich diskutiert habe[1]), sind bei der induktiven Übertragung von Mikrophonströmen Ökonomie und Klangreinheit zwei Bedingungen, die sich gegenseitig begrenzen. Immerhin lassen sich, wie unsere Versuche ergeben, auch auf dem ersten Wege Wirkungen erzielen, die sich dem groben Urteile des Ohres nach von denen der II. Gruppe nicht unterscheiden.

Technisch am einfachsten ist die Schaltung f), die wir eben bei der sprechenden Lampe verwendet haben. Bei Verwendung von

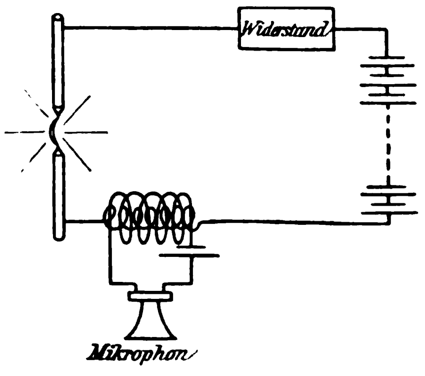


Fig. 1.

selbstregulierendem Hauptschluss- oder Differentiallampen gestattet sie denkbar einfachsten Anschluss, indem man den Mikrophonkreis, der zweckmässig einen Regulierwiderstand enthält, einfach der Hauptstromregulierspule parallel abzweigt.

Praktisches Interesse hat es vielleicht, dass es uns gelungen ist, durch die folgende Schaltung Mikrophonströme derart auf den Feldmagneten einer Gleichstromdynamo zu übertragen, dass das ganze Netz die entsprechenden Schwankungen mitmacht, und sämtliche angeschlossenen Bogenlampen das wiedergeben, was man in das Feldmagnetmikrophon hineingiebt. (Vergl. Fig. 7.)

Der Kunstgriff des Herrn Duddell, Selbstinduktion im Stromkreise durch Kapazität zu überbrücken, um damit den Mikrophonströmen leicht gangbare Wege über den Flammenbogen zu sichern, bietet einen Vorteil naturgemäss nur dann, wenn der Stromkreis induktive Widerstände enthält. Das ist in hohem Masse immer der Fall, wenn man an eine Dynamomaschine angeschlossen ist. In diesem Falle kommt man in der That ohne Überbrückung der Maschine durch eine genügend grosse Kapazität nicht zu befriedigenden Wirkungen. Bei Akkumulatorenbetrieb dagegen ist der Kunstgriff völlig überflüssig.

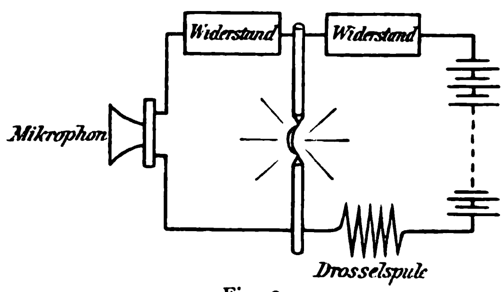


Fig. 2.

Sehr viel wichtiger zur Erzielung grosser Lautstärke ist die Flammenbogenlänge, worauf ich bereits bei meinen ersten Versuchen aufmerksam gemacht habe.[1]) Herr Duddell hat hier das Verdienst, zum ersten Male Flammenbogen bis zu 10 cm Länge angewendet zu haben, mit denen man zu überraschend lauten Wirkungen gelangt. Man erzielt einen so langen Lichtbogen leicht durch gesteigerte Betriebsspannung (bis 200 Volt) zwischen salzgetränkten Dochtkohlen.

Als Ursache der beschriebenen Volumoszillationen eines Gases habe ich früher durch die übergelagerten Stromschwankungen hervorgerufene Temperaturschwankungen angesehen.[2]) Da man nach den Messungen am Flammenbogen

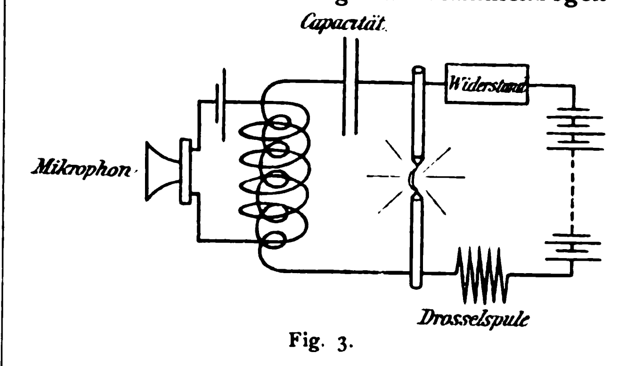


Fig. 3.

den Spannungsabfall auf ihm durch einen Ausdruck $E = a + bi$ angenähert darstellen kann, so müsste im Sinne obiger Erklärung die Konstante b den Ohmschen Widerstand bedeuten,

1) H. Th. Simon, diese Zeitschr. **2**, 253, 1901.

1) H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**, 233, 1898.
2) H. Th. Simon, l. c.

dessen Wert also die Grösse der akustischen Wirkung unter sonst gleichen Umständen bestimmte. Ändert sich i um di, so würde die Änderung der entwickelten Jouleschen Wärme $2\,bi\,di$ betragen, d. h. die Wirkung wäre der ursprünglichen Stromstärke proportional.[1]) Das ist nach unseren bisherigen Beobachtungen annähernd, aber sicher nicht streng erfüllt. Ferner müsste man unter sonst gleichen Umständen bei einem Flammenbogen zwischen verschiedenartigen Materialien eine um so lautere Wirkung

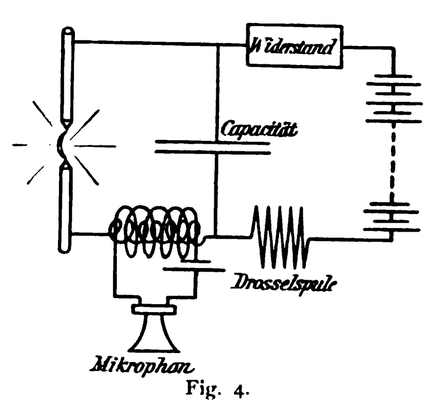


Fig. 4.

erhalten, je grösser seine Konstante b ist. Nach Messungen von Peuckert u. a. hat die Konstante b für Kadmiumelektroden den grösseren Wert. Für Kadmiumelektroden wäre daher die beste Wirkung zu erwarten. Unsere Versuche haben diese Folgerung nicht bestätigt. Thatsächlich kann ja die obengenannte Erklärung nur den Anspruch einer ersten Annäherung machen, gerade wie jene Gleichung für die Abhängigkeit von Strom und Spannung am Flammenbogen.

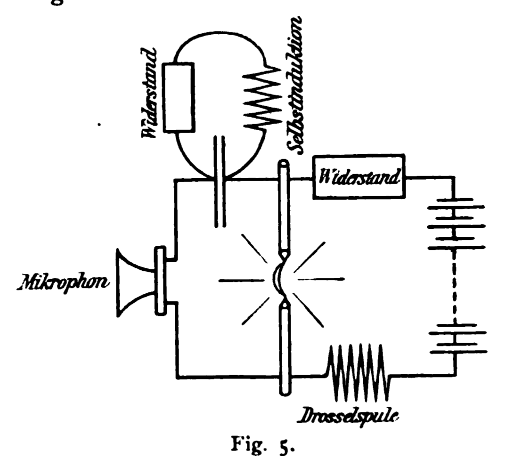


Fig. 5.

Will man zu einer weitergehenden theoretischen Deutung der vorliegenden akustischen Phänomene gelangen, so wird man in das viel umstrittene Gebiet der Gasentladungen geführt. Ein Flammenbogen ist eine der einfachsten Formen, in denen sich eine solche Entladung vollzieht, jedenfalls die einfachste von denjenigen, die sich in freier Kommunikation mit der Atmosphäre, man könnte sagen, unter konstantem Drucke, abspielen; im Gegensatz zu der anderen Gruppe, die in abgeschlossenen Räumen (Entladungsröhren, d. h. bei konstantem Volumen) beobachtet werden.

Für die Deutung der akustischen Flammenbogenvorgänge wird sich aus den modernen und so fruchtbaren Gasleitungsanschauungen manches gewinnen lassen; wie umgekehrt die akustischen Vorgänge, als der Ausdruck der Änderung einer wichtigen Zustandsgrösse dieser Entladungsform, des Volumens, für die Ionenleitungshypothese manchen Wink beibringen werden. Indessen muss noch viele Arbeit hier wie dort gethan werden, ehe man mehr als Spekulationen oder qualitative Andeutungen geben kann. Denn gerade für die hier einschlägigen Verhältnisse fehlt das Versuchsmaterial noch vollständig und muss zunächst herbeigeschafft werden. Während man z. B. die

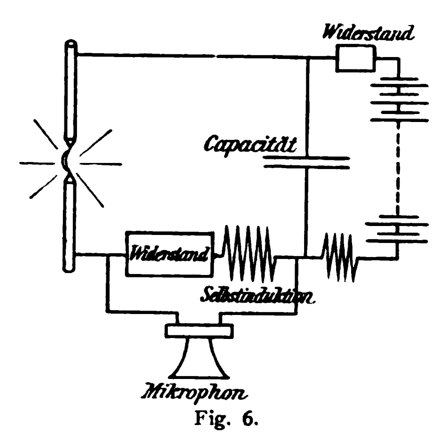


Fig. 6.

gegenseitige Abhängigkeit von Strom, Spannung, Bogenlänge, Elektrodenmaterial u. s. w. für praktische Zwecke ziemlich weitgehend untersucht hat, ist die für uns in Betracht kommende Zustandsgrösse, das Volumen, bisher durchaus ausser acht gelassen. Wir wissen noch nicht, wie das Flammenbogenvolumen v von dem Werte der Stromstärke abhängt. Unsere Versuche mit dem sprechenden Flammenbogen gestatten — wir sind dabei, eine exakte Messmethode dafür auszuarbeiten — durch Messung der akustischen Wirkung, die ein übergelagerter Sinusstrom von gemessener Stärke im Flammenbogen bewirkt, für die verschiedensten Verhältnisse des Flammenbogens das $\frac{\Delta v}{\Delta i}$ zu vergleichen. Daraus wird sich die Abhängigkeit des Volumens vom Strome, bezw. der E. M. K., wenigstens relativ ermitteln lassen, während gleichzeitig die praktische Frage ihre Erledigung findet, unter welchen Bedingungen des Flammenbogens und mit

1) F. Braun, Wied. Ann. 65, 358, 1898.

welcher Schaltung die lauteste Wirkung zu erzielen ist. Die lauteste Wirkung muss sich dann zeigen, wenn $\frac{\Delta v}{\Delta i}$ am grössten ist. Leider sind die praktischen Schwierigkeiten dieser Versuche keine geringen, und wir können an Resultaten einstweilen nur das vorlegen, dass die Wirkung stets im Momente des Abreissens des Flammenbogens am lautesten ist.

Ich komme jetzt zu dem umgekehrten Phänomen, dass Druckwellen, die über einen Flammenbogen hinziehen, analoge Intensitätsschwankungen seiner Stromstärke bewirken, die sich gegebenen Falles nach ähnlichen Methoden, wie

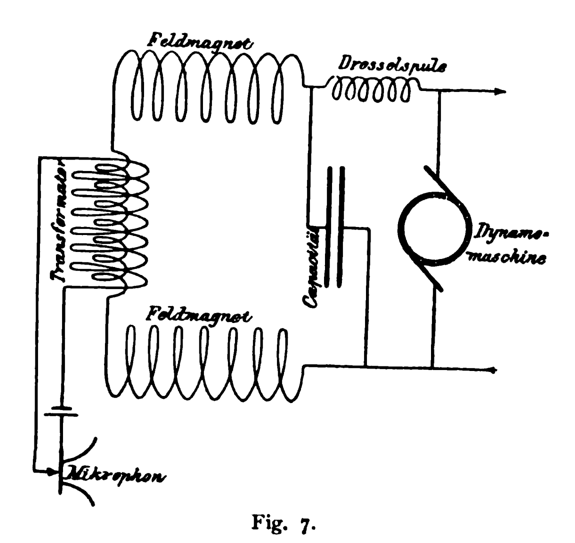


Fig. 7.

beim sprechenden Flammenbogen, in Schallwellen verwandeln lassen.[1]) Man hat dieses Phänomen treffend den „lauschenden Flammenbogen" genannt. Unter Verwendung geeigneter Mittel lässt sich auch diese Wirkung so laut gestalten, dass man sie an einem guten lautsprechenden Telephone objektiv demonstrieren kann, z. B. nach Schaltung Fig. 8. Wir konzentrieren dazu die Schallwellen durch einen geeigneten Blechtrichter auf das glühende Gasvolumen.

Es liegt auf der Hand, dass weiterhin zwei hintereinander geschaltete Flammenbogen ein vollständiges telephonisches Wechselgespräch gestatten werden, indem der eine alles wiedergiebt, was man gegen den anderen spricht. Auch diese Erscheinung lässt sich so gestalten, dass sie in bescheidener Weise objektiv demonstriert werden kann. Der Geberflammenbogen ist dann 5 bis 8 mm lang zu machen, der Sendebogen dagegen bis 5 cm. Die Schallwellen werden wieder mit einem Schalltrichter auf ersteren konzentriert.

Ein sehr interessanter Abkömmling des sprechenden Flammenbogens ist der von Herrn W. Duddell[1]) gefundene selbsttönende Flammenbogen, den wir Ihnen jetzt zeigen möchten. Herr Duddell legt einem Gleichstromflammenbogen zwischen Homogenkohlen parallel einen Stromzweig von kleinem Widerstande, der eine Selbstinduktion und nicht zu kleine Kapazität enthält. Unter geeigneten Betriebsbedingungen des Flammenbogens fängt derselbe dann an, mit einem reinen und lauten Tone zu tönen, dessen Tonhöhe allein von der Grösse der Selbstinduktion L und Kapazität C abhängt. Und zwar findet sich die bekannte, für ein schwingendes elektrisches System gültige Abhängigkeit $n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ auch hier bestätigt. Der die Kapazität enthaltende Stromzweig wird dabei von reinen

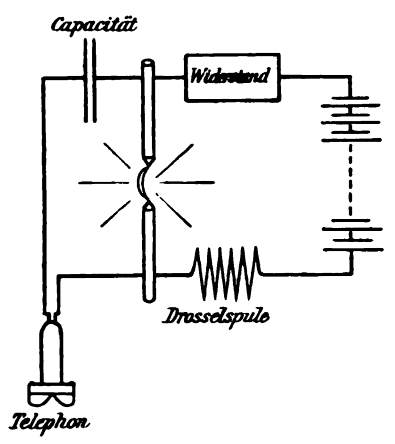


Fig. 8.

Sinusströmen von beträchtlicher Stromstärke durchflossen, deren Schwingungszahl sich leicht bis zur Grenze der Hörbarkeit steigern lässt.

Zunächst beansprucht dieser Versuch ein hervorragendes praktisches Interesse. Die wissenschaftliche und praktische Bearbeitung des Gebietes der elektrischen Schwingungen ist bei der Erzeugung dieser Schwingungen bisher ausschliesslich auf dem von Feddersen-Hertz vorgezeichneten Wege vorgegangen: Man ladet ein aus Selbstinduktion und Kapazität bestehendes System zu einem möglichst hohen Potential, bis an der eingeschalteten Funkenstrecke die bekannte, durch die Differentialgleichung der gedämpften Schwingung beschriebene, stark gedämpfte oszillatorische Entladung übergeht. Ungedämpfte Schwingungen von der nötigen Frequenz dauernd zu erzeugen, ist dagegen noch nicht gelungen. Um hier eine treffende Analogie aus der Akustik herauszuziehen, die Herr M. Wien[2]) anführt: Man konnte

1) H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**, 233, 1898.

1) W. Duddell, The Electrician No. 8 u. 9. Dez. 1900; Vergl. das Referat dieser Zeitschr. **2**, 425, 1901.
2) M. Wien, Ann. der Physik **4**, 425, 1901.

in elektrischer Hinsicht das leisten, was ein alle 24 Stunden geöffnetes Thermometerfutteral akustisch repräsentiert. Welcher Fortschritt darin läge, das akustische Phänomen eines dauernden Tones, z. B. einer angeblasenen Orgelpfeife, elektrisch nachzubilden, darauf brauche ich nicht weiter hinzuweisen. Es hat denn auch nicht an Versuchen in dieser Hinsicht gefehlt: Tesla suchte durch Wechselstrommaschinen hoher Frequenz zum Ziele zu kommen, M. Wien[1]) hat mit seiner Wechselstromsirene unter Verwertung von Resonanzwirkungen abgestimmter Schwingungssysteme eine Sinusschwingung bis zur Frequenz 17000 in der Sekunde erzielt. Indessen scheint damit die Höchstgrenze des auf diesem Wege Erreichbaren erreicht zu sein.

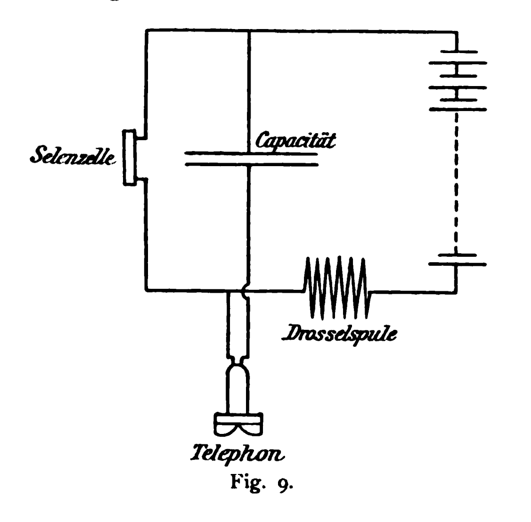


Fig. 9.

Hier setzt nun der schöne Duddellsche Versuch ein. Wir haben in ihm thatsächlich eine vollständige elektrische Analogie zu der angeblasenen Orgelpfeife oder vielleicht noch besser der chemischen Harmonika, überhaupt zu jedem der zahlreichen Fälle der Mechanik, bei denen ein aus Trägheit und Elastizität bestehendes, also schwingungsfähiges System durch eine gleichförmige Strömung zu dauernden Schwingungen angeregt wird. Dass wir bei ihm Schwingungen bis zu 30000 und 40000 schon jetzt erreichen, habe ich erwähnt. Es ist dadurch schon jetzt zu einer Reihe von schönen und typischen Hochfrequenzversuchen geeignet, worüber ausser Herrn Duddell Herr Peuckert[2]) berichtet hat. Ferner wird er sich vermutlich zu sehr bequemen Methoden verarbeiten lassen, Selbstinduktionskoeffizienten und Kapazitäten zu messen. Viel höher aber möchte ich seine prinzipielle Bedeutung für das eben erwähnte Problem stellen. Seine theoretische Durcharbeitung scheint nämlich den Weg zu zeigen, zu einer vollständigen Lösung jenes wichtigen Problems vorzudringen. Folgende Bemerkungen sollen illustrieren, wie wir uns das denken.

1) l. c.
2) Peuckert, E. T. Z., **22**, 467, 1901.

Die Theorie, die Herr Duddell von seiner Erscheinung entwickelt, geht von der Frage aus: Welche Bedingung muss der Flammenbogen erfüllen, damit der Gleichstrom des Hauptkreises den bei jeder Schwingung des Zweigkreises auftretenden Verlust an Energie automatisch und zur rechten Zeit ersetzt. Seine Entwickelung zeigt, dass dazu $\frac{dE}{dJ}$ für den Flammenbogen kleiner als 1 und dem absoluten Betrage nach grösser als der Widerstand des schwingenden Systems sein muss. Thatsächlich hat der Flammenbogen in manchen Verhältnissen die erste Eigenschaft, die zweite lässt sich realisieren, wenn man im schwingenden Systeme sehr kleine Widerstände verwendet.

Zu demselben Resultate führen die viel allgemeineren Rechnungen, die Herr W. Kaufmann[1]) im Verfolge seiner schönen und klassischen elektrodynamischen Theorie der Gasentladungen angestellt hat. Das Ergebnis der Kaufmannschen Untersuchungen ist, dass die verschiedenen Formen, in denen sich die Entladung der Elektrizität durch Gase vollzieht, sich einheitlich aus ihrem elektrodynamischen Verhalten erklären. Dieses elektrodynamische Verhalten wird definiert durch die sogenannte Charakteristik der Gasstrecke, d. h. die Kurve, welche den Spannungsabfall als Funktion der Stromstärke darstellt. Während nun für gewöhnliche Leiter diese Charakteristik eine steigende ist, haben die Gase (und wie Kaufmann[2]) zeigt, auch der Nernstsche Glühkörper) eine Charakteristik, die erst steigt, dann aber fällt; d. h. es wird bei ihnen $\frac{dE}{dJ}$ mit wachsendem Strome schliesslich negativ. Nur wenn sich eine Gasstrecke in diesem Aste der Charakteristik befindet, ist sie imstande, in einem parallel geschalteten Systeme aus Selbstinduktion und Kapazität oszillatorische Ströme stabil zu unterhalten. Der Nernstkörper zeigt, wie ein Kaufmannscher Versuch beweist, wegen seiner analogen Charakteristik thatsächlich auch das analoge Verhalten wie eine Gasstrecke; er vermag unter geeigneten Bedingungen solche Oszillationen zu unterhalten. Leider ist seine scheinbare Selbstinduktion (Erwärmungsträgheit) so gross, dass diese Schwingungen sehr grosse Schwingungsdauer haben und nur unter praktisch schwierigen Versuchsbedingungen zu erhalten sind.

Stellt sich demnach der Duddellsche Versuch rein elektrisch betrachtet als ein Spezialfall einer allgemeinen Erscheinung dar, welche immer auftreten

1) W. Kaufmann, Ann. d. Physik, **2**, 158, 1900.
2) W. Kaufmann, Nachr. der K. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen 1901.

muss, wenn wir einem Leiter mit analoger Charakteristik ein geeignetes elektrisches System aus Selbstinduktion und Kapazität parallel schalten, so werden wir durch dieses Ergebnis zu der Frage gedrängt, ob wir nicht andere, besser geeignete Leiter mit solcher Charakteristik finden könnten, die also die elektrische Lösung des Orgelpfeifenproblems noch vollkommener gestatten würden. Wir haben nach dieser Richtung vorläufige Versuche und Rechnungen angestellt, über die wir Einiges mitteilen möchten, obwohl sie noch wenig Positives ergeben haben.

Ganz allgemein können wir einen Leiter von der gewünschten Charakteristik immer dann erzeugen, wenn die Leitfähigkeit selbst mit der Stromstärke zunimmt, vorausgesetzt, dass das in genügendem Grade geschieht und vor allem genügenden Bereich umfasst.

Am einfachsten kommen wir mechanisch zum Ziele: die Membrane eines mikrophonischen Leiters wird durch den ihm zugeführten Strom selbst so bethätigt, dass der Kontakt um so inniger wird, je grösser der Strom ist. Ein solcher Leiter hat thatsächlich die verlangte Charakteristik und liefert auch das entsprechende Phänomen, wie unsere Versuche zeigten: man erhält in einem parallelen Systeme aus Selbstinduktion L und Kapazität C Oszillationen, die von L und C abhängig sind, bei denen aber das scheinbare L der Membrane (Trägheit) viel zu gross ist, als dass die elektrische Trägheit über die Eigenschwingungen derselben Herr würde.

Ebensowenig wie diese mechanische Lösung dürfte die folgende das Ziel erreichen lassen, obwohl sie nach der Überschlagsrechnung prinzipiell unsere Erscheinung liefert: Die Erwärmung eines Elektrolyten beim Stromdurchgang kann an einer Stromeinschnürung so schnell steigen, dass durch die proportionale Zunahme der Leitfähigkeit eine Charakteristik der gewünschten Art auftritt. Die bekannten schönen Untersuchungen von Richarz[1]) und Richarz und Ziegler[2]) über den Widerstand elektrischer Zellen mit sehr kleinen Elektroden haben das besondere Verhalten solcher Zellen quantitativ in dem erwähnten Sinne erklären können. Der Wehneltunterbrecher und seine weibliche Abart, der Lochunterbrecher, beruhen ja bekanntlich gerade auf dieser lokalisierten Stromwärme, die bei ihnen bis zur Verdampfung des Elektrolyten getrieben wird. Unser, an der Hand der Richarzschen Messungen angestellter Überschlag zeigt, dass eine kleine Platinelektrode in verdünnter Schwefelsäure, wie sie Richarz verwandte, thatächlich eine Charakteristik der gewünschten Art besitzen dürfte. Analog muss sich eine Stromeinschnürungsstelle durch ein Diaphragma verhalten. Indes werden auch hier nur relativ langsame Schwingungen zu erwarten sein, wegen der Trägheit des Erwärmungsvorganges. Wir konnten den Versuch noch nicht durchführen, weil uns eine Anzahl dazu nötiger Hilfsmittel fehlte.

1) F. Richarz, Wied. Ann. **39**, 67 u. 201, 1890; **47**, 567, 1892.

2) F. Richarz u. W. Ziegler, Wied. Ann. **63**, 261, 1897.

Wir dachten dann an vom Magnetfelde abhängige Vorgänge, die keine bemerkenswerte Trägheit besitzen[1]), Widerstandsänderung des Wismuts im magnetischen Felde, oder Halleffekt. Etwa so: durch ein konstantes Hilfsfeld wird zunächst der Widerstand des Wismuts so gross als möglich gemacht. Eine in den Hauptstrom eingeschaltete Magnetspule wirkt proportional seinem Strome dem Hilfsfeld entgegen, so dass der Widerstand mit dem Strome abnimmt. Leider zeigt die Rechnung, dass bei Wismut nach dieser und ähnlichen Schaltungen nichts zu erhoffen ist. Die Widerstandsänderungen sind zu klein und erstrecken sich auf einen zu kleinen Bereich, z. B. geht der Widerstand einer Wismutspirale nur von etwa 1 auf 1,7, wenn das Feld auf 16000 cgs gesteigert wird.

Schliesslich haben wir mancherlei Versuche angestellt, durch gewisse elektrodynamische Koppelungen des Hauptstromes mit dem parallel geschalteten System zum Ziele zu kommen: es sollte durch dieselbe jede Stromänderung im Hauptkreise eine geeignete Reaktion im Nebenkreise ausüben und umgekehrt. Ein solches System wäre die vollständige Analogie zu dem Anblasemechanismus einer Orgelpfeife. Indessen kamen wir bisher trotz vieler Bemühungen zu keinem Erfolge, unseres Erachtens wohl deshalb, weil sicherlich nur quantitativ genau abgestimmte Verhältnisse zwischen den eingehenden Grössen in der gewünschten Weise funktionieren können, zu denen erst eine theoretische Durcharbeitung den Schlüssel liefern muss.

Nach alledem werden Sie mir zustimmen, wenn ich dem schönen Duddellschen Experiment eine grundlegende Bedeutung beimesse.

Damit verlassen wir das Gebiet der tönenden Flammen und kommen zu den durch die aufgeprägten Mikrophonströme gleichzeitig bewirkten Schwankungen der Lichtstärke, wir könnten sagen, zu den lichtsprechenden Flammen. Hier haben unsere Versuche zu zwei schönen und aussichtsreichen Fortschritten angeregt, der Flammentelephonie, die wir Ihnen gestern Abend im grossen Massstabe zeigen konnten, und dem Photographon des Herrn Ruhmer.

Der Gedanke, die beim sprechenden Flammenbogen naturgemäss auftretenden Strahlungs-

1) W. Eichhorn, diese Zeitschr. **1**, 81, 1899 und Ann. der Physik, **3**, 20, 1900; Des Coudres, diese Zeitschr. **2**, 586, 1901.

oszillationen irgendwie zu registrieren, musste sich natürlich sofort aufdrängen, wenn man einmal das Phänomen der sprechenden Flammen in Händen hatte. Demnach versuchte ich einmal, die Lichtschwankungen photographisch auf bewegtem Bromsilberpapier zu registrieren, damals leider vergebens.[1]) Zweitens aber bemühte ich mich um wärmeempfindliche (radiophonische) Apparate, die auf die Intensitätsschwankungen der strahlenden Wärme des sprechenden Flammenbogens reagierten und sie telephonisch zu registrieren gestatteten. Obwohl ich hier viel Mühe aufwandte, kam ich zu keinem befriedigenden Ziele. Die schönen Versuche Graham Bells mit der Selenzelle waren ja wohl bekannt, indessen hatte man bis vor kurzem nirgendwo Gelegenheit, in den Laboratorien eine Selenzelle zu sehen, auch klebte aus irgend einem Grunde allgemein das Vorurteil grosser Unvollkommenheit und Unzuverlässigkeit an diesen Apparaten. Erst vor etwa 1½ Jahren hatte ich Gelegenheit, eine Selenzelle vom Darmstädter Physikalischen Institute zu leihen. Da alsbald die Versuche gelangen, konnten wir systematisch in dieser Richtung weiterarbeiten und hatten die Genugthuung, Ihnen gestern eine Übertragung auf 1 km vorführen zu können, deren Reinheit und Deutlichkeit sich mit jeder Telephonanlage messen kann. Dass wir schon jetzt ebensogut auf 3 bis 4 km, wahrscheinlich sogar viel weiter, nach dieser Methode sprechen können, ist nach unseren Versuchen nicht mehr zweifelhaft. Und doch stehen wir eigentlich erst in den ersten Anfängen, sie auszubauen.

Es ist bei diesen Versuchen einmal die Sendeanordnung und dann die Empfangsstation wichtig und entsprechend auszubilden.

Die Sendeanordnung enthält den lichtsprechenden Flammenbogen und einen Scheinwerferspiegel, der das sprechende Licht in die Ferne entsendet.

Während nun beim sprechenden Flammenbogen alles darauf drängt, zur Erzielung grosser Wirkungen die Stromstärke möglichst zu steigern, führen die Erwägungen hier zu ganz anderen Resultaten. Nicht die absolute Intensität des entsandten Lichtes, sondern seine prozentischen Schwankungen sind wirksam. Ja die konstante Lichtintensität, über die wir unsere Schwankungen überlagern, ist ein leider nicht zu umgehendes Übel, denn die Selenzelle reagiert auf dieselbe absolute Bestrahlungsschwankung um so energischer, je weniger sie schon belichtet ist. Nun können wir mit unseren Mikrophonen einstweilen die über den Flammenbogen gelagerten Stromschwankungen nicht über ein gewisses Mass steigern. Dieses Mass muss aber prozentisch um so grössere Schwankungen bewirken, je kleiner die Gesamtintensität des Flammenbogens an sich ist. Wir sind demnach bei diesen Versuchen zu den kleinsten Flammenbogen heruntergegangen, die sich noch sicher erzeugen lassen, zwischen + Kohle von 5 mm und — Kohle von 3 mm Durchmesser bei einer Stromstärke von 2 bis 3 Amp. Untersucht man, wo im Flammenbogen die Quelle der grössten Lichtschwankungen lokalisiert ist, so zeigt sich das überraschende Resultat, dass es der Krater ist, dessen Lichtintensität auf übergelagerte Stromschwankungen mit einer wunderbaren Feinheit reagiert. Der Lichtbogen selbst ist so gut wie garnicht daran beteiligt. Die Erfahrung, deren exakte experimentelle und theoretische Aufklärung eine interessante Aufgabe erscheint, ergiebt, dass dieselbe prozentische Stromänderung bei den ganz kleinen Stromstärken eine wesentlich grössere Intensitätsänderung des Kraters zur Folge hat, wie bei grossen. Vielleicht deutet das darauf hin, dass bei kleinen Stromstärken bei Steigerung derselben noch eine Steigerung der Kratertemperatur erfolgt, während bei starkem Strome eine Vergrösserung desselben nur mehr die Kraterfläche vergrössert.

Die Anwendung der kleinen Flammenbogen bedeutet mit Rücksicht auf die Scheinwerferübertragung einen weiteren ganz wesentlichen Vorteil. Die vollendet geschliffenen parabolischen Scheinwerfer von Schuckert, die uns von der Firma zur Verfügung gestellt sind, gestatten, ein um so schärfer begrenztes paralleles Lichtbündel zu entsenden, je punktförmiger die verwendete Lichtquelle ist. Daher kommt es, dass, mit 150 Amp. nur etwa viermal intensivere Bestrahlung möglich ist, als mit 4 Amp. Die grössere Stromstärke ergiebt einen so ausgedehnten Krater, dass wesentlich die Streuung des Strahlenbündels zunimmt, nicht aber seine spezifische Intensität. Darum kommt im allgemeinen die vorzügliche Optik der Schuckertschen Spiegel eigentlich garnicht zur Geltung, und es erfüllte die Herren in Nürnberg mit besonderer Genugthuung, dass bei unseren Versuchen diese Exaktheit so schöne Früchte trug. Damit ist zugleich die Frage erledigt, welcher Scheinwerfer für die lichttelephonischen Versuche am besten ist: möglichst exakt geschliffene, möglichst grosse parabolische Spiegel mit möglichst grosser Brennweite gestatten, das Licht des Kraters in möglichst wenig gestreutem Bündel zu entsenden. Unsere Versuche in Nürnberg wurden mit einem 90 cm Spiegel von 40 cm Brennweite, sowie einem 150 cm Spiegel von 60 cm Brennweite gemacht. Hier haben wir einen 90 cm Spiegel von 32 cm Brennweite verwendet.

Der Hauptbestandteil des Empfangsapparates ist die Selenzelle. Unsere ersten Versuche sind mit Selenzellen gemacht, die

1) H. Th. Simon, Wied. Ann. **64**, 234, 1898.

aus dem bekannten Laboratorium von Clausen & v. Bronk-Berlin stammten. In einem Vortrage in der Berliner Elektrotechnischen Gesellschaft[1]) habe ich gesagt, dass nur diese Herren gute Selenzellen anzufertigen verständen. Inzwischen hat mir Herr Giltay in Delft mitgeteilt, dass er schon seit vielen Jahren Selenzellen fabriziert. Er hat mir auch in entgegenkommendster Weise eine Anzahl seiner Selenzellen zur Verfügung gestellt, die sich nicht nur in der äusseren Ausstattung, sondern namentlich durch ihre ganz vorzüglichen Wirkungen vor den Clausen & v. Bronkschen Zellen sehr hervorthun. Die Versuche, die wir Ihnen zeigten, wurden mit einer Zelle gemacht, die im Dunklen 4000 Ohm hat, bei Belichtung mit zwei Kerzen in 1 m auf etwa die Hälfte heruntergeht. Eine andere, noch bessere Giltaysche Zelle in meinem Besitze hat 800Ohm und geht bei der genannten Belichtung auf 350 herunter.

Inzwischen haben wir uns selbst an die Herstellung von Selenzellen gemacht und sind zu sehr guten Resultaten gelangt, durch deren Ausgestaltung wir noch einen grossen Schritt weiter zu kommen hoffen. Es ist uns gelungen, ein ziemlich zuverlässiges Verfahren zu finden, gleichmässige, den Giltayschen an Güte gleichkommende Zellen herzustellen. Wir werden später darüber berichten.

Auf die mit guten feindrähtigen Telephonen und 50 bis 120 Volt hintereinander oder nach Figur 9 geschaltete Zelle konzentrieren wir das mit einem 90 cm Spiegel oder einer 30 cm Linse aufgefangene Licht.

In Nürnberg standen uns 1200 m Experimentierweite zur Verfügung. Dabei gelangen die Versuche auch noch unter Anwendung der 30 cm Linse glänzend. Da nun nach den photometrischen Messungen der Herren bei Schuckert die Intensität des Scheinwerferbündels bei normaler Atmosphäre mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so müssen wir mit einem 90 cm Spiegel noch eine dreimal grössere Entfernung, also etwa 3,6 km ebenso gut überbrücken können. Wir wollen in nächster Zeit Versuche mit solchen und eventuell grösseren Entfernungen machen.[2])

Ich glaube, meine Herren, Sie werden uns zustimmen, dass der schöne Bellsche Gedanke der Lichttelephonie durch unsere Versuche aus dem platonischen Stadium in eine Phase getreten ist, die eine praktische Verwertung in das Bereich der Erwägungen rückt. Dem Ausdruck unserer Freude, dass wir vor diesem erlesenen Forum der deutschen Physik den Versuch im grösseren Massstabe zeigen konnten, gesellt sich unser Dank gegen die Abteilungsleitung, namentlich Herrn Professor Hoppe, sowie vor allem gegen die Herren von Schuckert, die durch ihr Entgegenkommen unsere Versuche und diese Vorführung ermöglicht haben.

(Eingegangen 28. September 1901.)

1) E. T. Z., **22**, 510, 1901.

2) Inzwischen haben wir in Göttingen mit denselben Apparaten die Versuche auf 2,5 km mit bestem Erfolge wiederholt, ohne damit an der Grenze des mit den jetzigen Mitteln Erreichbaren angelangt zu sein.

Diskussion.

(Von den Beteiligten durchgesehen).

Blochmann (Kiel) fragt, ob die Selenzelle auch noch in der gewünschten Weise arbeitet, wenn sie vom Sonnenlicht bestrahlt wird, oder ob dies zu intensiv ist, im Verhältnis zu den durch die künstliche Lichtquelle des Projektors hervorgerufenen Bestrahlungen.

Simon: Mit zunehmender Bestrahlungsintensität nimmt die Empfindlichkeit der Selenzelle gegen die photophonischen Schwankungen mehr und mehr ab.

M. Wien (Aachen): Es wird den meisten Anwesenden bei den ersten Versuchen aufgefallen sein, dass die Klangfarbe sehr verändert wurde. Beim Pfeifen traten die hohen Obertöne, beim Sprechen die tiefen, schnarrenden besonders hervor. Es scheint also, dass gerade die mittleren wichtigsten Töne am schlechtesten geliefert werden. Die Schaltung scheint nicht die Ursache zu sein, es muss also wohl an dem Flammenbogen liegen. Weiss Herr Simon vielleicht eine Erklärung dafür?

Simon: Nein. Am Mikrophon kann auch ein Teil der Schuld liegen. Wir haben übrigens einen sehr grossen Flammenbogen genommen, um die Intensität möglichst zu steigern. Bei kleineren Bogen sind die Klangfarben viel reiner.

M. Wien: Diese Wirkung des Flammenbogens wirkt hinderlich auch bei der Erzeugung von Sinus-Strömen nach Duddell. Haben Sie darüber Versuche gemacht, ob der Stromverlauf rein sinusförmig ist?

Simon: Die Ströme sind, wie ich mit der Braunschen Röhre überzeugte, Sinus-Ströme, allerdings nur nach dem Augenmass geschätzt. Das ist freilich unsicher. Die ganze Frage wird übrigens daraus hinauskommen, ob der Flammenbogen eine Selbstinduktion hat oder nicht.

M. Wien: Jawohl.

Lecher (Prag): Einen der gezeigten schönen Versuche habe ich in etwas unentwickelter Form schon vor 14 Jahren gemacht, indem ich einen Kondensator parallel zu einem Lichtbogen schaltete und wohl als Erster die in einem solchen Nebenschlusse entstehenden Wechselströme zeigte (Wied. Ann. **33**, S. 693 u. ff., 1888). Dem „Tönen" des Lichtbogens, an das ich mich nun nachträglich deutlich erinnere, legte ich keine Bedeutung bei und liess es in meiner Arbeit leider unerwähnt.

Drude (Giessen): Hat Simon auch bemerkt, dass die Tonhöhe bei der Anordnung von Duddell von der Grösse des Flammenbogens abhängt?

Simon: Ja, ich habe das auch bemerkt. Der Flammenbogen ist, sei es durch seinen Widerstand, sei es durch seine Selbstinduktion, ein wesentlicher Bestandteil des schwingenden Stromkreises, wirkt also nicht bloss „anregend", wie etwa die Flamme bei der chemischen Harmonika. Die Aufklärung des ziemlich komplizierten Zusammenhanges muss die weitere Untersuchung bringen.

Archenhold (Berlin) weist auf Selenzellen von Uljanin hin.

VORTRÄGE UND REDEN.

Beiträge zum dynamischen Ausbau der Festigkeitslehre.

Von A. Sommerfeld.

(Schluss.)

Dem entspricht die fernere Beobachtung, dass beim Ausschalten der Widerstände, also beim Verstärken des Stromes, die Tourenzahl in weiten Grenzen konstant bleibt. Fig. 4 zeigt die Kurve der Tourenzahl (ausgezogen),*) der Klemmspannung am Motor (punktiert) und die Kurve der Arbeitsleistung (strich = punktiert); als gemeinsame Abszisse ist die Grösse des Stromes aufgetragen. Tourenzahl n, Strom i und Spannung e wurden beobachtet, die Arbeitsleistung aus ei berechnet. Die Arbeitskurve zeigt uns nun folgendes: Um die fraglichen 310

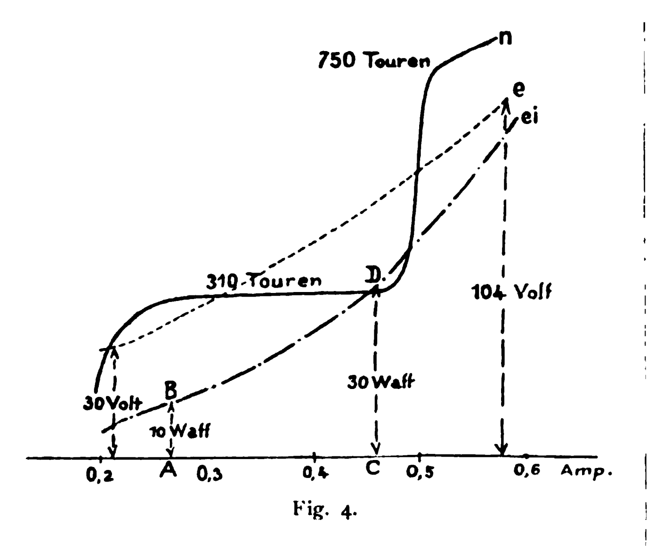


Fig. 4.

Touren zu erzeugen, genügt die Arbeitsleistung $AB = 10$ Watt bei geringer Ausschwingung des Tisches. Um aber bei maximaler Ausschwingung dieselbe Tourenzahl beizubehalten, wird die Arbeit $CD = 30$ Watt verbraucht. Was wird aus der Mehrarbeit $CD - AB = 20$ Watt? Zum Betriebe des Motors wird sie nicht erfordert. Sie geht offenbar in den Tisch, unterhält die Biegungsschwingungen desselben, d. h. sie überwindet die denselben entgegenwirkenden Reibungswiderstände. Also nur $^1/_3$ der Arbeit ist vom Standpunkte des Maschinentechnikers Betriebsarbeit, $^2/_3$ geht verloren!

Wenn es erlaubt wäre, von den Verhältnissen im kleinen, die hier vorliegen, auf die eines Betriebes im grossen zu schliessen, so möchten wir sagen: Ein Fabrikant lässt eine schlecht fundamentierte Maschine mit 30 PS laufen. Er erzielt aber nur einen Wirkungsgrad $^1/_3$, denn nur 10 PS kommen der Maschine zu gute und verrichten Nutzarbeit, 20 PS gehen in das Fundament. Der Fabrikant verbrennt also seine teuren Kohlen, nicht um seine Maschine zu bewegen, sondern um sein Fundament zu lockern! [9])

Unser Tisch möge schliesslich noch dazu herhalten, uns — in sehr vagen Umrissen — die Idee zu einem neuen Regulatorsystem zu liefern. Unser Tisch, möchten wir sagen, absorbiert gierig alle Arbeit, die ihm in einer für ihn geniessbaren Form, nämlich bei einem Kraftwechsel von 310 pro Minute, geboten wird. Solange keine sehr erheblichen Arbeitsüberschüsse zugeführt werden, ist er stark genug, diese ihm besonders genehme Tourenzahl festzuhalten. In entsprechender Weise könnte man daran denken, der Dampfmaschine ein schwingungsfähiges System, etwa in Gestalt starker Federn, beizugeben, die auf die gewünschte Tourenzahl eingestimmt sind. Diese werden wie unser Tisch die überschüssige Arbeit in sich aufnehmen und die Tourenzahl — innerhalb weiterer oder engerer Grenzen — sichern. Wir hätten damit einen einseitig wirkenden Regulator, ohne Stellzeug u. s. w., der höhere Geschwindigkeiten wie die vorgeschriebene verbietet, niedere zulässt.

---

* Das vertikale Stück der Tourenkurve ist nicht beobachtet, sondern interpoliert. Der Übergang von der Tourenzahl 310 zur Tourenzahl 750 war ein so plötzlicher und turbulenter, dass dazwischen nicht beobachtet werden konnte.

9) Dies ist natürlich *cum grano salis* zu verstehen. Bei einer Maschine, die im Betriebe erhebliche Arbeitswiderstände zu überwinden hat, werden die Reibungsverluste vermöge der Formänderung des Fundamentes verhältnismässig weniger ins Gewicht fallen, wie bei unserem leerlaufenden Motor.

2. Wichtiger noch wie die Biegungsschwingungen sind für den Maschineningenieur die Torsionsschwingungen. Den Ausgangspunkt meiner diesbezüglichen Betrachtungen bildeten häufige Gespräche mit Herrn Lynen über die Erklärung gewisser auffälliger Unregelmässigkeiten bei einer in unserem Ingenieurlaboratorium aufgestellten Versuchsmaschine. Es ist dies eine kleine, schnell laufende Maschine (420 Umdrehungen), die durch besondere Vorrichtungen einen besonders hohen Gleichgang bekommen sollte. Zu dem Zwecke wurde eine 70 cm lange, 3 cm starke Torsionsfeder mit der Maschine gekuppelt; sie war am einen Ende in das Fundament fest eingebaut, am anderen Ende mit der Maschinenwelle durch Gelenkhebel derart verbunden, dass sie bei jeder Wellen-Umdrehung einmal im einen und im anderen Sinne um einen gewissen Winkel ausgedreht wurde. Da sie dieser Ausdrehung widerstrebt, übt sie rückwirkend auf die Welle ein gewisses periodisch wechselndes Drehmoment aus, und die Verhältnisse waren so abgepasst, dass dieses Drehmoment die Schwankungen des vom Dampfdruck übertragenen Tangentialdruckes gerade ausgleichen sollte. Die Grösse des Drehmomentes wurde folgendermassen — auf statischem Wege — festgestellt. Es wurden am Ende des die Feder führenden Hebels nacheinander verschiedene Lasten aufgebracht und die zugehörigen Ausdrehungen der Feder festgestellt. Da jeder Ausdrehung eine gewisse Kurbelstellung entspricht, so konnte man auf diese Weise für jede Kurbelstellung die Grösse des Federbeitrages zur tangentialen Drehkraft ermitteln.

Das Verfahren scheint einwandsfrei; wenn man aber einmal auf den Unterschied zwischen statischer und dynamischer Beanspruchung aufmerksam geworden ist, lässt sich dagegen folgendes geltend machen: Durch den Versuch wurde das Moment bestimmt, das einer dauernden, statischen Ausdrehung der Feder um einen gewissen Winkel φ entspricht. Wir wollen dasselbe M_{stat} nennen. Von Hause aus ist nichts darüber bekannt, ob das Moment, welches die Feder bei periodisch wechselnder Ausdrehung, wie sie einer gewissen Tourenzahl der Maschine entspricht, im gleichen Stadium der Ausdrehung ausübt, mit dem statisch ermittelten übereinstimmt. Wir können dieses Moment M_{dyn} nennen. Es lässt sich zeigen, dass es im allgemeinen nicht mit M_{stat} übereinstimmt, dass vielmehr

$$M_{dyn} = M_{stat} \cdot \gamma$$

wird, wo γ wieder als „dynamischer Koeffizient" bezeichnet werden kann. γ kann mit hinreichender Annäherung durch eine sehr einfache Formel dargestellt werden, welche so lautet: [10])

$$\gamma = 1 - \frac{\mathfrak{J}_1 \, l}{\mathfrak{J}_0 \, G} \omega^2$$

($\mathfrak{J}_0$ = polares Trägheitsmoment des Federquerschnittes, l = Länge, G = Schubelastizitätsmodul der Feder, $\mathfrak{J}_1$ = Trägheitsmoment des Hebelwerks am Ende der Feder um die Achse derselben.)

10) Der dynamische Koeffizient der Torsionsfeder. Für das Innere der Feder gilt die Differentialgleichung:

$$(17) \qquad \mu \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2},$$

wo φ den Ausdrehungswinkel, μ die (räumliche) Dichte des Federmateriales, G den Schubelastizitätsmodul bedeutet. Am einen Ende ($x = 0$), wo die Feder eingebaut ist, ist $\varphi_0 = 0$. Am anderen Ende ($x = l$) wird die Feder durch das Hebelwerk geführt, so dass hier ein jeweiliger Ausdrehungswinkel $\varphi_l = c \sin \omega t$ erzwungen wird. ω ist dabei die Winkelgeschwindigkeit der Maschinenwelle.

Die einzige, diesen Bedingungen entsprechende Lösung von (17), welche eine harmonische Schwingung von der Periode $\frac{2\pi}{\omega}$ darstellt, ist

$$(18) \qquad \varphi = c \sin \omega t \frac{\sin \alpha x}{\sin \alpha l}, \quad \alpha^2 = \frac{\mu \omega^2}{G}.$$

Gesucht wird das Drehmoment, welches die Feder auf die Maschine überträgt. Allgemein ist bekanntlich das Moment der Schubspannungen, das „Torsionsmoment", gegeben durch

$$(19) \qquad M = \mathfrak{J}_0 G \frac{\partial \varphi}{\partial x}.$$

Handelt es sich um eine dauernde oder hinreichend langsame Ausdrehung, so wird das „Ausdrehungsgefälle" $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ längs der ganzen Feder konstant und kann daher gleich dem Ausdrehungswinkel am Ende, geteilt durch die Länge der Feder, gesetzt werden. Das auf die Welle übertragene „statische" Drehmoment, welches dem Torsionsmomente entgegengesetzt gleich ist, würde daher in unserem Falle lauten:

$$(20) \qquad M_{stat} = -\frac{\mathfrak{J}_0 G \varphi_l}{l} = -\frac{\mathfrak{J}_0 G}{l} c \sin \omega t.$$

Bei wechselnder Ausdrehung dagegen ist der Wert von $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ aus Gl. (18) zu entnehmen, indem man dort $x = l$ setzt. Überdies ist zu beachten, dass nur ein Teil des Torsionsmomentes auf die Welle übertragen, ein anderer Teil zur Überwindung der Trägheit des Hebelwerkes verbraucht wird. Nennt man den auf die Welle übertragenen Teil M_{dyn}, so erhält man die Gleichung:

$$M_{dyn} + \mathfrak{J}_1 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -\mathfrak{J}_0 G \frac{\partial \varphi}{\partial x} \text{ (für } x = l),$$

also mit Rücksicht auf (18)

$$(21) \qquad M_{dyn} = -\left(\mathfrak{J}_0 G \alpha \frac{\cos \alpha l}{\sin \alpha l} - \omega^2 \mathfrak{J}_1\right) c \sin \omega t.$$

Der „dynamische Koeffizient" γ wird also, wenn man $\alpha l = \lambda$ setzt, nach (20) und (21):

$$(22) \qquad \gamma = \frac{M_{dyn}}{M_{stat}} = \lambda \operatorname{ctg} \lambda - \omega^2 \frac{\mathfrak{J}_1 l}{\mathfrak{J}_0 G}.$$

Mit dieser Formel stimmt die im Text angegebene überein, wenn λ sehr klein ist, was im vorliegenden Falle zutrifft. Da nämlich bei einer Umdrehungszahl 420 in der Minute $\omega = 14\pi$ ist, da ferner bei gehärtetem Stahl $G = 8{,}5 \cdot 10^5$ und $\mu = \frac{7{,}86}{9{,}81} 10^{-5}$ gesetzt werden kann, so ergiebt sich α zu $1{,}5 \cdot 10^{-4}$ und $\lambda = \alpha l$ bei $l = 70$ cm zu 0,01. Dementsprechend kann in (22) $\lambda \operatorname{ctg} \lambda$ ohne merklichen Fehler durch 1 ersetzt werden.

Wegen der Kleinheit von λ wird es ferner in Gl. (18) gestattet sein, $\sin \alpha l$ durch αl und um so mehr $\sin \alpha x$ durch

Der Verlauf von γ in seiner Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit ω oder der damit zusammenhängenden Tourenzahl n ist durch die Parabel der Fig. 5 gegeben: Bei ge-

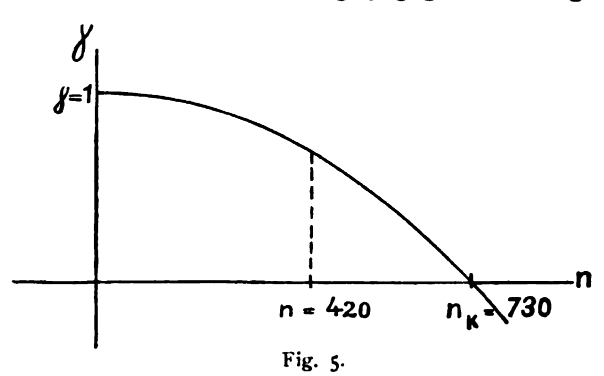


Fig. 5.

ringer Umdrehungsgeschwindigkeit wird $\gamma = 1$, da es sich in diesem Falle um eine nahezu statische Beanspruchung handelt. Mit wachsendem n aber nimmt γ ab, um bei einem gewissen Werte $n = n_K$ zu verschwinden. Was bedeutet dieser „kritische" Wert n_K? Es zeigt sich, er stimmt mit der Frequenz derjenigen Federschwingung überein, bei der das eine Ende festgehalten wird, das andere, mit der Schwungmasse vom Trägheitsmoment $\mathfrak{J}_1$ beschwerte, frei ausschwingt. Bei der freien Schwingung ist eben das zur Unterhaltung der Bewegung erforderliche Drehmoment gleich Null; daher wird auch umgekehrt die Rückwirkung der Feder auf die Welle bei dieser Tourenzahl verschwinden müssen. Auch hierin haben wir eine Resonanzwirkung zu erblicken. Denn es kommt offenbar auf dasselbe heraus, wenn wir früher sagten, dass bei gegebener Grösse der Kraft die Ausbiegung unendlich gross würde, oder wenn wir jetzt sagen, dass bei gegebener Ausdrehung die zu dieser Ausdrehung gehörige Kraftwirkung verschwinde.

Im vorliegenden Falle wurde das Trägheitsmoment $\mathfrak{J}_1$ durch Beobachtung von Pendelschwingungen zu 18 (kg cm sec^2) bestimmt. Ferner konnte das Produkt $\frac{\mathfrak{J}_0 G}{l}$ direkt aus dem beobachteten Verhältnis $M_{stat}:\varphi = 10{,}5 \cdot 10^4$.kgcm berechnet werden. Da auch $\omega = 14\pi$ (entsprechend der Umdrehungszahl $n = 420$) bekannt ist, so folgt:

$$\gamma = 1 - 0{,}33 = 0{,}67.$$

Der statische Wert des Torsionsmomentes weicht also um nicht weniger wie 33% von dem für uns in Betracht kommenden dynamischen ab; es war also wirklich unzulässig, die statische und die dynamische Federwirkung zu verwechseln. Im Zusammenhange damit zeigt sich, dass die Umdrehungszahl 420 nicht sehr weit von der kritischen entfernt ist. Die Anzahl der freien Federschwingungen pro Minute beträgt nämlich 730.

Von diesem sehr speziellen Falle gehen wir schliesslich zu einer sehr allgemeinen und wichtigen Frage, den **Torsionsschwingungen der Maschinenwelle als solcher**, über. Die Resultate, zu denen wir gelangen werden, scheinen eine grundsätzliche Umgestaltung der durch **Radinger** in die Wissenschaft eingeführten **Schwungradberechnung** unter Umständen nötig zu machen.

Ich werde mich hier wesentlich darauf beschränken, ein bestimmtes Beispiel durchzuführen. Die Welle habe 25 *PS* bei einer Umdrehungszahl 60 zu übertragen. Das Tangentialdruckdiagramm (abzüglich der Massenwirkungen) habe etwa die in Fig. 6 punktiert gezeichnete

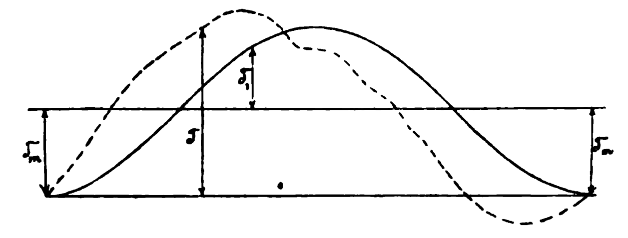


Fig. 6.

wenig gesetzmässige Form. Wir können dasselbe in einen konstanten Teil und eine Reihe regelmässiger Sinusschwankungen auflösen, wozu die Mathematik bestimmte Regeln liefert. Praktisch dürfte es nur auf den konstanten Teil (oder den Mittelwert T_m der Tangentialkraft) und den ersten variabeln Bestandteil (eine Sinusschwankung T_1 relativ gegen den Mittelwert T_m von der Periode der halben Wellenumdrehung) ankommen. Beide sind in Fig. 6 kenntlich gemacht. Dabei ist der Bequemlichkeit wegen angenommen, dass die Amplitude des variabeln Teiles gerade gleich dem konstanten Teile T_m sei. In unserem Falle ist, wie man leicht nachrechnet, $T_m = 3 \cdot 10^4$. [11]) Die Arbeitswiderstände W sollen der Einfachheit wegen als unveränderlich angesehen werden, $W = W_m$, wobei natürlich $W_m = T_m$ sein wird.

Man kann die genannten Bestandteile der

αx zu ersetzen. Alsdann stellt sich φ durch eine lineare Funktion von x dar und das Ausdrehungsgefälle wird angenähert konstant. Dies bedeutet, dass in der Differentialgleichung (17) die linke Seite merklich durch Null ersetzt oder dass von der Trägheit der Feder abgesehen werden darf. Das gleiche gilt für die folgenden Schwingungen einer Maschinenwelle, wo ebenfalls das Diagramm der Ausdrehungen als geradlinig behandelt werden darf.

11) T_m bedeutet eigentlich das Moment der Tangentialkraft um die Wellenmittellinie oder die „auf den Abstand 1 reduzierte Tangentialkraft". Ihre Grösse folgt daraus, dass die Arbeitsleistung oder in unserem Falle 25 PS = $25 \cdot 75 \cdot 10^2 \frac{\text{kg cm}}{\text{sec}}$ gleich $T_m\,\omega$ ist, woraus mit $\omega = 2\pi$ folgt

$$T_m = \frac{25 \cdot 75 \cdot 10^2}{2\pi} = 3 \cdot 10^4.$$

Drehkraft jeden für sich untersuchen. Es ist allgemein üblich, bei der Behandlung des konstanten Teiles T_m die Formänderungen der Welle in Rechnung zu setzen und aus der Grösse der auftretenden Torsionsspannungen die erforderliche Stärke der Welle zu bestimmen. Dagegen ist es üblich, wenn man die Schwankungen des Tangentialdrucks verfolgt, die Welle als starr anzusehen und unter dieser Annahme, indem man noch einen gewissen Gleichförmigkeitsgrad des Ganges verlangt, das erforderliche Trägheitsmoment des Schwungrades zu bestimmen. Auch in diesem Falle scheut man also in der Technik von der Anwendung der Festigkeitslehren auf dynamische Fälle zurück, man begnügt sich damit, sie bei der statischen, dauernden Beanspruchung durch den konstanten Teil der Drehkraft zur Geltung zu bringen.

Zu dem ersteren Verfahren haben wir nichts hinzuzufügen. Es ergiebt sich dabei ein Ausdrehungswinkel, der von dem Angriffspunkte der Triebkraft nach dem der Arbeitswiderstände gleichförmig abfällt. Das Schwungrad mit seinen Trägheitskräften kommt für diese rein statische Beanspruchung überhaupt nicht in Frage. Legen wir als zulässige Torsionsspannung nur 200 *atm* zu Grunde, so ergiebt sich in unserem Falle leicht, dass 10 cm Wellendicke völlig ausreichen. [12]) Das polare Trägheitsmoment des Wellenquerschnittes J_0 wird ungefähr 10^3 (cm^4) und das Trägheitsmoment des Wellenkörpers für 1 m Länge $J = 0{,}8$ (kg sec^2).

Dagegen haben wir, was die Behandlung des variabeln Teiles der Drehkraft betrifft, zu betonen, dass hier ebenso sehr und noch viel mehr wie bei dem konstanten Teile die Formänderungen zu beachten sind, dass die wechselnde Drehkraft eine regelmässige Schwingung der Welle erzeugt, deren Amplitude an verschiedenen Stellen der Welle verschieden ist, und dass der Gleichgang wesentlich von der Grösse dieser Schwingung abhängt.

Verlangen wir als Gleichförmigkeitsgrad 40, d. h. soll die Schwankung der Geschwindigkeit während einer Umdrehung nicht mehr wie den 40. Teil der mittleren Geschwindigkeit betragen, so berechnet sich das erforderliche Trägheitsmoment des Schwungrades nach der üblichen Methode, ohne Rücksicht auf die Formänderung, zu etwa $J_1 = 3 \cdot 10^4$ (kg cm sec^2) oder das Gewicht desselben bei einem mittleren Schwungringradius von 1 m zu ungefähr 3 Tonnen. [13])

Untersuchen wir nun die wirklich eintretenden Geschwindigkeiten φ an jeder Stelle der Welle unter dem Einfluss der variabeln Drehkraft $T_1 = T_m \sin 2\omega t$ und des Schwungrades vom Trägheitsmomente J_1. Die Drehkraft möge am einen Ende der Welle angreifen, das Schwungrad am andern Ende befestigt sein. Von der Trägheit der Maschinenteile (Kurbel etc.), die ebenfalls eine Art Schwungradwirkung auf jenes Ende der Welle übertragen wird, wollen wir hier absehen. Die Länge der Welle werden wir der Reihe nach zu 50, 100, 200, 300, 400 cm annehmen. Die Ausdrehungen und ihre Geschwindigkeiten sind ersichtlich selbst periodisch wechselnde und erfolgen im Tempo der Kraftwirkung T_1. Falls sie an allen Punkten der Welle dieselben wären, würden wir sie als Bewegungsschwingungen bezeichnen, insofern sie sich aber ungleichmässig über die Welle verteilen, sind sie Torsionsschwingungen. In der folgenden Figur können wir natürlich nur die Amplitude der Schwingung für jeden Punkt verzeichnen. Wenn wir praktisch nicht vorkommende Geschwindigkeiten und ausserordentliche Längen der Welle ausschliessen, so wird der Geschwindigkeits-Abfall längs der Welle ein geradliniger (es handelt sich genau genommen um trigonometrische Funktionen mit kleinen Argumentwerten, welche durch lineare Funktionen ersetzt werden können); wenn wir daher für verschiedene Punkte der Welle die Amplitude w des variabeln Teiles der Winkelgeschwindigkeit senkrecht zur Wellenachse auf-

12) Bekanntlich ist das polare Widerstandsmoment $\frac{\pi}{2} r^3$ mindestens gleich dem Torsionsmoment geteilt durch die zulässige Spannung zu wählen. Also hat man $\frac{\pi}{2} r^3 > \frac{3 \cdot 10^4}{200}$ und $r > 4{,}5$ oder rund $r = 5$ cm.

13) Schwungradberechnung im Sinne des üblichen Verfahrens. Durch die variable Drehkraft $T_1 = T_m \sin 2\omega t$ wird bei vorausgesetzter Starrheit der Welle eine „Bewegungsschwingung" von derselben Periode wie T_1 erzeugt. Infolgedessen überlagert sich der konstanten oder mittleren Winkelgeschwindigkeit ω eine variable Winkelgeschwindigkeit $\mathfrak{w}$, die wir in der Form ansetzen:

$$\mathfrak{w} = -w \cos 2\omega t,$$

so dass w die Amplitude der Geschwindigkeit bedeutet. Die grösste Schwankung beträgt also $2w$ und der Ungleichförmigkeitsgrad δ berechnet sich aus

$$\delta = \frac{2w}{\omega}.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment des Schwungrades kann man aus der Bewegungsgleichung des letzteren finden:

$$J_1 \frac{d\mathfrak{w}}{dt} = T_1. \tag{23}$$

Setzt man für $\mathfrak{w}$ und T_1 die angegebenen Werte ein, so ergiebt sich nach Weglassung des Faktors $\sin 2\omega t$:

$$2\omega w J_1 = T_m \tag{24}$$

und, wenn man die Beziehung zwischen w und δ benutzt:

$$J_1 = \frac{T_m}{\delta \omega^2}$$

Da $T_m = 3 \cdot 10^4$, $\omega = 2\pi$ war und $\delta = \frac{1}{40}$ werden soll, so erhält man $J_1 = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot 40}{4\pi^2} = 3 \cdot 10^4$ (kg cm sec^2). Das Gewicht G, welches, im Abstande 1 m angebracht, das erforderliche Trägheitsmoment liefert, beträgt:

$$\frac{G}{981} \cdot 10^4 = 3 \cdot 10^4 \text{ oder } G = 3 \cdot 981 = \text{ca. } 3 \text{ Tonnen.}$$

tragen, entsteht die geradlinige Figur 7. Die Marke 0 bedeutet dabei den Angriffspunkt der Tangentialkraft T_1; die Welle dehnt sich in den der Reihe nach in Betracht zu ziehenden Fällen von da bis zu der Marke $^1/_2$ bez. 1, 2, 3, 4 m aus. Wir erkennen aus der Figur: Am rechten

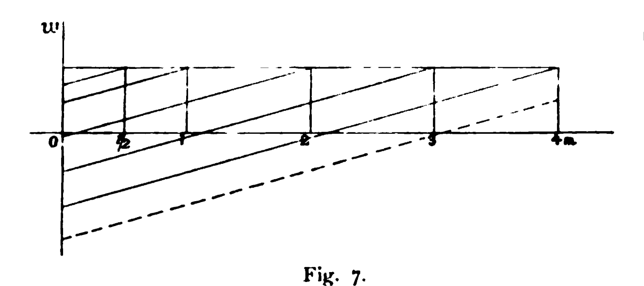


Fig. 7.

Ende der Welle (d. h. bez. bei den Marken $^1/_2$ m, 1, 2, 3, 4 m) ist die Amplitude der Winkelgeschwindigkeit wesentlich dieselbe und unabhängig von der Länge der Welle; sie stimmt übrigens hier überein mit der Amplitude derjenigen Drehung, welche bei vorausgesetzter Starrheit die Welle als Ganzes unter dem Einfluss der Kraft T_1 ausführen würde. Nach links hin fällt dieselbe ab, in einem Masse, welches von der Stärke der Kraft T_1 und dem elastischen Widerstandsvermögen der Welle, aber nicht von deren Länge abhängt. Es ist ja verständlich, dass die Welle am rechten Ende, wo die Trägheit der schweren Schwungradmassen sitzt, stärker ausfedern wird, wie in den anstossenden Teilen. Wie gross die Geschwindigkeit am linken Ende wird, bestimmt sich nun wesentlich durch die Länge der Welle. Für $l = {}^1/_2$ m wird sie gleich $^3/_4$ der Geschwindigkeit am rechten Ende, für $l = 1$ m weniger als die Hälfte. Bei 2 m Wellenlänge befindet sich das linke Ende bereits in der entgegengesetzten Ausschwingung, wie das rechte, da der Schnittpunkt K der das Geschwindigkeitsgefälle darstellenden Geraden mit der Wellenachse hier nicht mehr ausserhalb der Welle zu liegen kommt. Dasselbe gilt für noch grössere Längen, wobei die Geschwindigkeit am linken Ende grösser und bei $l = 4$ m sogar grösser wird, wie die Geschwindigkeit am rechten Ende. Der Schnittpunkt K kann als „Schwingungsknoten" bezeichnet werden.[14])

Man übersieht von hier aus leicht das Verhalten des Gleichförmigkeitsgrades der Bewegung, der der Amplitude der Winkelgeschwindigkeit proportional ist. Zunächst erkennt man, dass jeder Stelle ein anderer Gleichförmigkeitsgrad zukommen wird. Am rechten Ende hat man bei beliebiger Länge der Welle merklich ein und denselben Gleichförmigkeitsgrad, nämlich den, bei der Schwungradberechnung verlangten (40). Am linken Ende ist die Gleichförmigkeit bei geringer Länge zunächst

14) Der Gleichförmigkeitsgrad bei Berücksichtigung der Formänderungen. Sieht man von der Trägheit der Welle selbst ab, was (Anm. 10) zulässig ist, so überträgt sich das Moment der Tangentialkraft T_1 ungeändert durch die Welle hin auf das Schwungrad. Es gilt daher für die Bewegung des Schwungrades auch jetzt Gl. (23). Heisst w_l die Amplitude der Winkelgeschwindigkeit am Schwungrade, so ist nach (24):

$$w_l = \frac{T_m}{2\,\omega\,\mathfrak{J}_1}.$$

Andrerseits hält das Torsionsmoment (das Moment der Schubspannungen) in jedem Querschnitte dem Momente der Tangentialkraft T_1 das Gleichgewicht. Nach Gl. (19) wird daher, wenn man x vom Angriffspunkte der Tangentialkraft ($x = o$) nach dem Ansatzpunkte des Schwungrades ($x = l$) wachsend rechnet:

$$\mathfrak{J}_0\, G \frac{\partial \varphi}{\partial x} = -\, T_1.$$

Da $\mathfrak{w} = \frac{\partial \varphi}{\partial t}$ ist, so können wir hierfür schreiben:

$$\mathfrak{J}_0\, G \frac{\partial \mathfrak{w}}{\partial x} = -\frac{d\, T_1}{dt}$$

oder wegen der in der vorigen Anm. angegebenen Ausdrücke von $\mathfrak{w}$ und T_1:

$$\mathfrak{J}_0\, G \frac{\partial w}{\partial x} = 2\,\omega\, T_m.$$

Der Winkel α, unter dem die auf der Abszisse x errichtete Schaulinie der Geschwindigkeits-Amplitude w gegen die x-Achse geneigt ist, beträgt also

$$(25) \qquad tg\, \alpha = \frac{2\,\omega\, T_m}{\mathfrak{J}_0\, G}.$$

Der Schnittpunkt dieser Linie mit der x-Achse, der „Knoten" K, hat danach vom Schwungrade den Abstand

$$(26) \qquad a = \frac{w_l}{tg\, \alpha} = \frac{\mathfrak{J}_0\, G}{4\,\omega^2\, \mathfrak{J}_1}$$

und die Amplitude der Geschwindigkeit bei $x = o$ wird

$$(27) \qquad w_0 = (a - l)\, tg\, \alpha = \frac{2\,\omega\, T_m}{\mathfrak{J}_0\, G}(a - l).$$

Die grösste Schwankung der Winkelgeschwindigkeit ist hier $2\,w_0$ und der Ungleichförmigkeitsgrad

$$(28) \qquad +\delta = \frac{2\,w_0}{\omega} = \frac{2\,(a - l)}{\omega}\, tg\, \alpha = \frac{4\, T_m}{\mathfrak{J}_0\, G}(a - l),$$

wobei das Vorzeichen so zu wählen ist, dass δ positiv wird. Hiernach sind die Zahlen des Textes für $1/\delta$ berechnet. Mit den angegebenen Werten $\mathfrak{J}_0 = 10^3$, $G = 8{,}5 \cdot 10^5$, $\omega = 2\pi$, $\mathfrak{J}_1 = 3 \cdot 10^4$, $T_m = 3 \cdot 10^4$ hat man insbesondere:

$$a = 177 \text{ cm}, \quad tg\alpha = 4{,}4 \cdot 10^{-4}$$

Wählt man aber das Schwungrad doppelt so stark, so wird w_l und a halb so gross, während die Neigung α der Schaulinie dieselbe bleibt. Man hat also durch die Mitte der Strecke w_l eine Parallele zur früheren Schaulinie zu ziehen; die so entstehende Geschwindigkeitsamplitude wird für $l = 400$ cm bei $x = 0$ grösser wie sie es vorher war. Für den Gleichförmigkeitsgrad an dieser Stelle ergiebt sich nach (28) wegen $a = 88{,}5$, $tg\, \alpha = 4{,}4 \cdot 10^{-4}$:

$$1/\delta = 23.$$

Zur Verhütung von Missverständnissen möchte ich schliesslich betonen: Das zuletzt abgeleitete paradoxe Resultat kommt nicht etwa durch Resonanzwirkung zu stande. Die zu Grunde gelegte Wechselzahl des variablen Teiles der Tangentialkraft ist weit entfernt von der Eigenschwingungszahl, die der mit Schwungrad behafteten Welle von 4 m Länge bei Torsionsschwingungen zukommt. Erstere beträgt nämlich 4, letztere etwa 400, wenn man, wie es im vorhergehenden geschah, die Trägheit der mit der Welle verbundenen Maschinenteile gegenüber der des Schwungrades vernachlässigt, dagegen etwa 25, wenn man das Trägheitsmoment jener Teile gleich $^1/_{100}$ vom Trägheitsmomente des Schwungrades schätzt. Von

noch günstiger, am grössten (nämlich unendlich gross) dann, wenn der Knoten K zufällig gerade auf das linke Wellenende trifft, was in unserem Falle bei einem etwas weniger wie 2 m betragenden l eintreten würde. Von da ab wird aber der Gleichförmigkeitsgrad um so ungünstiger, je länger die Welle ist. Das Genauere ergiebt die folgende Tabelle, die sich auf das linke Wellenende bezieht. δ bedeutet den Ungleichförmigkeitsgrad, also $1/\delta$ den Gleichförmigkeitsgrad:

$l =$	50	100	200	300	400 cm
$1/\delta =$	57	92	310	58	32

Bei $l = 4$ m bleibt also die Gleichförmigkeit hinter der gewünschten (40) zurück. Was wird nun nach den gewöhnlichen Anschauungen geschehen? Die Schuld wird dem Schwungrad gegeben werden; man wird dieses verstärken, etwa von 3 auf 6 Tonnen Gewicht. Der Erfolg davon ist, dass die Ausdrehungen in der Nähe des Schwungrades etwa auf die Hälfte herabgesetzt werden (vgl. die punktierte Linie in Fig. 7), dass sie aber am linken Ende nur um so stärker werden, indem der Schnittpunkt K dabei mehr nach rechts rückt. Berechnet man nunmehr den Gleichförmigkeitsgrad am linken Wellenende, so findet man denselben rund gleich 23. Der Gleichgang ist also noch schlechter geworden wie vorher, die Verstärkung des Schwungrades war nicht ein Mittel zur Verbesserung, sondern zur Verschlechterung der Gleichförmigkeit!!

Ich fürchte, dass diese neue Funktion des Schwungrades, den Gleichgang der Maschine zu beeinträchtigen, zunächst wenig Glauben finden wird. Wenn man sich aber einmal in die Notwendigkeit und Gesetzmässigkeit der Schwingungsvorgänge hineingedacht hat, so wird man die hier besprochene Thatsache weniger auffällig finden, wie die andere, dass man bisher diese Vorgänge in der technischen Mechanik nur nebenbei erwähnt und ihre Bedeutung für die Praxis kaum beachtet hat.

einer Resonanzwirkung kann hiernach in unserem Falle keine Rede sein. Dementsprechend ist auch die Geschwindigkeitsamplitude, wie sie sich aus den obigen Formeln berechnet, keineswegs besonders gross. Bei der ursprünglich angenommenen Schwungsradstärke und 400 cm Wellen-Länge beträgt sie bei $x = 0$ nach Gl. (27) ungefähr $^1/_{10}$, d. h. $5,7^0$, während bei vorausgesetzter Starrheit der Welle die Amplitude der Bewegungsschwingung ungefähr $^1/_{13}$, d. h. $4,4^0$, sein würde. Daraus, dass beide Grössen in unserem Falle sich merklich unterscheiden, geht hervor, dass die Formänderung der Welle nicht vernachlässigt werden darf, wie es bei der üblichen Schwungradberechnung geschieht.

Ich bin andererseits überzeugt, dass der gewandte Konstrukteur Vorkommnisse, wie die hier geschilderten auch ohne Hilfe der Theorie mit sicherem Takte in der Regel vermeiden wird.

Zum Schlusse noch die folgenden allgemeineren Bemerkungen:

1. Wenn wir von dem Gleichgange einer Maschine sprechen, müssen wir diejenige Stelle der Welle angeben, auf deren Gleichgang es uns ankommt, von der wir also die Arbeit abnehmen wollen. Jede Stelle hat ihren eigenen Gleichförmigkeitsgrad.

2. Es giebt bei nicht zu kurzen Wellen eine Stelle vorzüglichen Gleichganges, nämlich den Knoten der hauptsächlichsten Schwingung, der Schwingung erster Ordnung von der Periode der halben Wellenumdrehung. Bei der von uns gewählten Anordnung berechnet sich der Abstand a dieser Stelle von dem Schwungrade durch die einfache Formel

$$a = \frac{J_0 G}{4 \omega^2 J_1}.$$

3. Die gewöhnliche Schwungradberechnung ist nur so lange am Platze, als dieser Knoten ausserhalb der Welle fällt, solange also $l > a$ ist. Solange l die Strecke a erheblich an Grösse übertrifft, befinden sich die verschiedenen Teile der Welle merklich in demselben Schwingungszustande; dann und nur dann ist es gestattet, die Welle als starr zu behandeln.

Wir haben in unserer Fig. 7 einfachste Verhältnisse vorausgesetzt, indem wir nur die Trägheit des Schwungrades, nicht auch die Trägheit der am anderen Wellenende angreifenden Maschinenteile berücksichtigten, indem wir ferner die Arbeitswiderstände als zeitlich unveränderlich ansahen und von der dämpfenden Wirkung der inneren Reibung etc. absahen. Es ist aber nicht schwer, auch den kompliziertesten Verhältnissen gerecht zu werden, z. B. ausser den eben genannten Umständen noch etwa auf der Welle aufsitzende Riemenscheiben von nicht zu vernachlässigender Trägheit zu berücksichtigen. Das Diagramm der Winkelgeschwindigkeiten wird dann immer noch, solange wir mit der Umdrehungsgeschwindigkeit und der Länge der Welle unterhalb einer gewissen Grenze bleiben, durch einen geradlinigen Zug dargestellt, der event. mehrere Knicke erhält. Unsere die Formänderung berücksichtigende Schwungradberechnung wird nun darauf hinauskommen, für eine bestimmte Stelle diesen Linienzug durch Wahl des Schwungrades der Abscissenachse so nahe wie möglich zu bringen.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1902.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik II: Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise; Ausgewählte Teile: Übungen im physikalischen Laboratorium, a) für Elektrotechniker und Chemiker, b) für Physiker. — **Wien**: Experimentalphysik enzyklopädischer Kurs; Theorie der Elektrochemie. — **Polis**: Meteorologie; Meteorologische Technik und Übungen im meteorologischen Observatorium; Ausgewählte Kapitel aus der Meteorologie. — **Grotrian**: Allgemeine Elektrotechnik; Theoretische Elektrotechnik; Elektrotechnisches Praktikum. — **Herrmann**: Mechanische Technologie I und II; Fabrikanlagen und Arbeitsmaschinen. — **Junkers**: Arbeiten im maschinentechnischen Laboratorium. — **Köchy**: Lokomotivbau I und II; Eisenbahnmaschinenbau; Maschinenelemente; Eisenbahnwagenbau. — **Lüders**: Maschinenkunde (für Berg- und Hüttenleute), I und II. — **N. N.**: Maschinenbau; Maschinenkonstruieren, a) für Maschineningenieure, b) für Elektrotechniker. — **Pinzger**: Theoretische Maschinenlehre I und II; Kinematik. — **Rasch**: Elektrische Starkstromanlagen; Elektrische Konstruktionsübungen, Elektrische Arbeitsübertragung. — **Lutz**: Baumaschinen; Maschinenzeichnen, Kleinkraftmaschinen. —

Borchers: Hüttenkunde der Metalle (ausser Eisen); Kleines metallurgisches Praktikum, umfassend Lötrohr- und hüttenmänn. Probierkunst und elektrische Schmelzverfahren; Anleitung zum Entwerfen metallurgischer und elektrometallurgischer Apparate; Grosses metallurgisches und elektrometallurgisches Praktikum; Allgemeine Hüttenkunde. — **Bredt**: Experimentalchemie: Organischer Teil; Organisches Praktikum; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie. — **Classen**: Chemie der Metalle; Anorganisches Praktikum, Praktikum für qualitative und quantitative Analyse, spezielle analytische Methoden, quantitative Analyse durch Elektrolyse, Mass-, Gas-, Spektralanalyse, Darstellung anorganischer Präparate, Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiet der analytischen und anorganischen Chemie; Elektrochemisches Praktikum, Darstellung von Chemikalien mittels Elektrolyse, Galvanoplastik u. s. w., Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie. — **Stahlschmidt**: Technische Chemie; Entwerfen chemischer Fabrikanlagen; Chemisch-technisches Praktikum. — **Danneel**: Elektrochemie II. —

Jürgens: Höhere Mathematik I mit Übungen; Elemente der analytischen Geometrie, der Differential- und Integralrechnung mit Übungen. — **Kötter**: Darstellende Geometrie; Elemente der darstellenden Geometrie. — **v. Mangoldt**: Höhere Mathematik II mit Übungen; Algebraische Analysis; Mathematisches Seminar, *g*. — **Sommerfeld**: Mechanik I und II. —

Universität Basel.

Hagenbach-Bischoff: Experimentalphysik I, 6; Behandlung physikalischer Aufgaben, 2 *g*; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Veillon), 2. — **Von der Mühll**: Einleitung in die mathematische Physik, mit Übungen, 4; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Messmethoden in der Physik, 1. —

Piccard: Unorganische Experimentalchemie, 5; Analytische Übungen (mit Fichter), 9; Organisches und unorganisches Vollpraktikum (mit Fichter), tägl. — **Nietzki**: Organisches Vollpraktikum (mit Rupe), tägl.; Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der aromatischen Verbindungen, 3; Chemisches Kränzchen (mit Rupe), 1 *g*. — **Kahlbaum**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen physikalischen Chemie I, mit historischer Einleitung, 2; Kolloquium über theoretische Chemie, 3 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Nienhaus**: Pharmakognosie, 3; Pharmazeutische Chemie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 6; Mikroskopisches Praktikum, 2; Pharmazeutisches Kränzchen, *g*. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, mit Übungen, 4; Technisch-analytisches Praktikum, tägl. — **Rupe**: Stereochemie, 2. — **Fichter**: Die ungesättigten Säuren, 1 *g*; Organisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. —

Kinkelin: Algebraische Analysis, 3; Analytische Geometrie des Raumes, 3; Integralrechnung II, 3. — **Flatt**: Projektivische Koordination, 2 *g*. — **Riggenbach**: Populäre Astronomie II: Das Planetensystem, 2; Astronomische Übungen, 2 *g*. —

Universität Berlin.

E. Warburg: Experimentalphysik II: Licht und Elektrizität, 5, mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, für Geübtere, tägl., für Anfänger (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten (mit Starke), $3^1/_2$. — **Weinstein**: Naturphilosophische Grundlagen der Physik und physikalischen Chemie, 2; Physikalische Eigenschaften der Erde, 1 *g*. — **Fock**: Einleitung in die Chemie und Physik, 1. — **Neesen**: Elementare Mechanik, $1^1/_2$ *g*. — **Planck**: Theoretische Optik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik II: Elastizitätslehre und Hydrodynamik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Starke**: Über die elektrischen Entladungen und die sie begleitenden Erscheinungen (Kathoden-, Röntgenstrahlen etc.), 1. — **Pringsheim**: Physik der Sonne, mit Experimenten, 1 *g*. — **Martens**: Spektralanalyse und Photometrie (mit Experimenten), 1 *g*. — **Lummer**: Ausgewählte Kapitel aus der Licht- und Wärmestrahlung, 1 *g*. — **Aschkinass**: Elektrische und magnetische Messmethoden (mit Demonstration der Apparate), 2. — **Slaby**: Elektrotechnik (mit Demonstrationen), 2. — **E. Meyer**: Einführung in die Technik, für Studierende aller Fakultäten, 2; Technische Exkursionen, *g*. — **Blasius**: Übungen im Anschluss an das physikalische Praktikum, 1 *g*; Physikalischer Kurs für Mediziner, $3^1/_2$. — **v. Bezold**: Theoretische Meteorologie (Thermodynamik der Atmosphäre), 2; Meteorologische Übungen, tägl.; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Less**: Praktische Witterungskunde, 2. —

Will: Geschichte der Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Chemie, 1 *g*. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Meyerhoffer**: Elemente der höheren Mathematik für Chemiker, 1. — **Jahn**: Experimentelle und theoretische Elektrochemie, 3. — **Marckwald**: Stereochemie, 1. — **Gabriel**: Qualitative und quantitative chemische Analyse, 2. — **Landolt**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Universitäts-Laboratorium, tägl.; Physikalisch-chemische Arbeiten (mit Jahn), tägl. — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Organische Experimentalchemie, 4. — **H. Traube**: Mineralchemie, 1. — **R. J. Meyer**: Chemie der selteneren Elemente mit Experimenten, 2. — **Fischer**: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Gabriel, Harries, Pschorr und Ruff), tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, Farbstoffe, Alkaloide u. s. w., 5; Leitung experimenteller organisch-chemischer Arbeiten, tägl. — **Buchner**: Einführung in die organische Experimentalchemie, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium der landwirtschaftlichen Hochschule, tägl. — **Harries**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen und Terpene, 1. — **Wohl**: Chemie der Kohlehydrate, 1. — **W. Traube**: Ueber Alkaloide, 1. — **Emmerling**: Gärungschemie, 1. — **Thoms**: Über die Grundzüge der Nahrungsmittelchemie mit Einschluss der Harnanalyse, 2; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Wichelhaus**: Chemische Technologie I: Anorganische Stoffe, mit Experimenten und Exkursionen, 4; Übungen im technologischen Institut, tägl. — **Biedermann**: Technische Chemie I: Die anorganischen Stoffe, mit Demonstrationen, 4; Über Steinkohlenteer und Teerfarbstoffe, 1 *g*. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Praktische Übungen in der Gas- und Massanalyse, 3. — **Ruff**: Kolloquium über anorganische Chemie, 2. — **Pschorr**: Kolloquium über organische Chemie. — **Schotten**: Kolloquium über ausgewählte Kapitel der physiologischen und technischen Chemie, 2 *g*. —

Schwarz: Synthetische Geometrie, 4; Ausgewählte Kapitel der Theorie der analytischen Funktionen, 2 *g*; Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Mathematische Kolloquien, zweiwöchentlich, 2 *g*. — **Frobenius**: Analytische Geometrie,

4. — **Hensel**: Differentialrechnung, 4; Höhere Zahlentheorie (allgemeine Theorie der idealen Zahlen und der Einheiten), 4; Über die Axiome der Geometrie und die verschiedenen möglichen Geometrien, zweiwöchentlich, 2 *g*. — **Knoblauch**: Integralrechnung, 4; Über angenäherte Berechnung bestimmter Integrale, 1 *g*; Theorie und Anwendung der Determinanten, 4. — **Landau**: Höhere Algebra (Gruppen- und Substitutionentheorie), 4, Übungen, zweiwöchentlich, 2 *g*; Über die Bestimmung der Klassenzahl binärer quadratischer Formen, 1 *g*. — **Fuchs**: Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4. — **Hettner**: Über unendliche Reihen, Produkte und Kettenbrüche, 2. — **Lehmann-Filhés**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Foerster**: Grundzüge der naturwissenschaftlichen Erkenntnistheorie, 1 *g*; Astrometrie mit abendlichen Übungen auf der Sternwarte, 4; Übungen in der Berechnung von Messergebnissen nach den Regeln der Fehlertheorie, 1½ *g*. — **Marcuse**: Allgemeine Himmelskunde mit Lichtbildern, für Studierende aller Fakultäten, 1½; Theorie und Anwendung astronomischer Instrumente, besonders für die Zwecke geographischer Ortsbestimmungen, 1½; Kolloquium über ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Geographie und nautischen Astronomie, für Mathematiker, Geographen, Navigationslehrer u. s. w., 1½; Astronomische Demonstrationen auf der königl. Sternwarte und Exkursionen in mechanisch-optische Werkstätten zum Zwecke der Instrumentenkunde. — **Bauschinger**: Theorie der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3, Übungen 1½ *g*; Theorie der astronomischen Refraktion, 1 *g*. — **Battermann**: Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1½. — **Scheiner**: Ausgewählte Kapitel der Astrophysik, 1; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Helmert**: Höhenmessung, 1; Anwendung der kürzesten Linie auf die Geodäsie 1 *g*. —

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4, für Praktikanten der chemischen Laboratorien, 2; Mathematische Physik, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Masseinheiten und Messmethoden, 2; Physikalische Massbestimmungen und Messinstrumente, Übungen, 4. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Thermochemie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2. — **Rubens**: Experimentalphysik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium (Physikalische Messungen), 4. — **Weingarten**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 5; Mathematische Physik, 2. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2, Übungen, *g*; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 4; Theorie und Berechnung der Wechselstrommaschinen, 2. — **W. Hartmann**: Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Kinematik, 2; Kinematische Geometrie und Kinematik, 2. — **Klingenberg**: Berechnung elektrischer Leitungsnetze, 2; Bau und Betrieb von Gasmaschinen, Übungen 2; Bau und Betrieb von Automobilfahrzeugen, 2; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 3. — **Roessler**: Ausgewählte Kapitel der Elektrotechnik, 2; Fernleitung von Wechselströmen, 2; Wärmemechanik, Übungen, 18; Elektrische Bahnen, 2. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Elektromechanik, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding), 36. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **W. Wedding**: Elektrotelegraphie mit Experimenten, 1; Elektrotechnische Messkunde, 2; Beleuchtungstechnik und Anlagen, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Verkehrsunternehmungen, 2; Elektrische Sicherheitstechnik für Starkstromanlagen und Bahnen, 2. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 3. — **Fr. Vogel**: Galvanische Elemente und Akkumulatoren, 2. — **Heyn**: Mechanische Technologie I, 2, II, 2, Übungen, 2; Die Zustandsänderungen der Metalle und Legierungen bei ihrer technischen Verarbeitung mit Berücksichtigung der wichtigsten Ergebnisse der Metallmikroskopie, 2 *g*. — **Hörmann**: Spezielle mechanische Technologie (Spinnerei, Weberei), 4; Werkzeugmaschinen, 2; Allgemeine mechanische Technologie, 2. — **Josse**: Übungen im Maschinenlaboratorium I, 1, Übungen, 4, II, 6, III, 10. — **Kammerer**: Hebemaschinen (Winden, Krahne), 4; Maschinenbau (mit Riedler), 4, Übungen, 4. — **Leist**: Technik der Kälteerzeugung, 4. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen, Übungen, 4; Dampfkessel, 2, Übungen, 4. — **Martens**: Materialienkunde mit Übungen in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt (Spezieller Teil, selbständige Ausführung von Festigkeitsversuchen), 2, Übungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2. — **N. N.**: Eisenbahnmaschinenbau, insbesondere Lokomotiv- und Wagenbau, 4, Übungen, 4; Abriss der Verkehrsmittel auf Eisenbahnen u. s. w., 2; Maschinenkunde II, 2, Übungen, 3; Maschinenkunde II: Kraft- und Arbeits-, insbesondere Baumaschinen, 4, Übungen, 4. — **N. N.**: Tiefbau-Elemente für maschinentechnische Anlagen, 2, Übungen, 4. — **Reichel**: Maschinenelemente, 1, Übungen, 8; Wasserkraftmaschinen, 4, Übungen, 4. — **Riedler**: Maschinenlehre, 2, Übungen, 6. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, 2, Übungen, 8; Entwerfen von Arbeitsmaschinen, Übungen, 4. — **Wehage**: Angewandte Mechanik, 4. — **Buhle**: Massentransport, 2; Eisenbahnmaschinenbau, 4, Übungen, 4; Verkehrsmittel auf Eisenbahnen (ausgewählte Kapitel), 2. — **Heinel**: Konstruktion der Kühl- und Eismaschinen, 3, Übungen, 3. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen, 2. —

v. Buchka: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Herzfeld**: Zuckeruntersuchungen, Übungen, 2; Chemie der Ernährung der Pflanze, 2. — **v. Knorre**: Analytische Chemie: Qualitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Angewandte Elektrochemie, 4. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, cyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide u. s. w., 6; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **N. N.**: Spezielle anorganische Chemie, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **Witt**: Chemische Technologie I, 4; Glas, Keramik, Apparatenkunde, 4; Praktische Arbeiten im technologischen Laboratorium, tägl. — **Holde**: Untersuchung der Mineralöle und übrigen Naphtaprodukte (Benzin, Petroleum, Schmieröl, Paraffin u. s. w.), 2; Praktikum in der Untersuchung der Fette, Öle und Naphtaprodukte, 2. — **Jurisch**: Entwerfen von chemischen Anlagen, Übungen, 4. — **Miethe**: Spektralanalyse mit Übungen, 2; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Lichtpausübungen, 2- oder 4 wöchige Kurse. — **Frentzel**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2. — **Junghahn**: Technologie der Proteïnstoffe: Albumine (Eiweiss, Caseïn, künstliche Nahrungsmittel u. s. w.), mit Exkursionen, 2. — **Kühling**: Massanalyse, 2; Stöchiometrie, 1. — **Stavenhagen**: Quantitative Analyse, 2. — **Täuber**: Färbepraktikum, 2. — **Voswinckel**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Wolffenstein**: Alkaloide, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Mechanik, 4; Über ein Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 1 *g*. — **Hamburger**: Variationsrechnung, 2; Funktionentheorie, 2; Niedere Analysis und Algebra, 4. — **Hauck**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Hertzer**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und Flächen, 1. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Kegelschnitte, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **R. Müller**: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Steinitz**: Synthetische Geometrie I, 2, Übungen, 1, II, 2, Übungen, 1; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 4. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Wärmelehre (Schluss), 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Theoretisch-praktischer Kurs der Photographie, 4; Physikalisches Praktikum, 4. — **Gruner**: Mathematische Physik, 2; Spektralanalyse, 1. —

Friedheim: Spezielle anorganische Chemie, 3; Qualitative und quantitative Analyse, 2; Chemische Technologie

der Brennstoffe und landwirtschaftlichen Gewerbe (mit Exkursionen), 2; Anorganisch-chemisches Praktikum (Halbpraktikum für Anfänger), tägl. ausser Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **v. Kostanecki**: Organische Chemie, 6; Repetitorium der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Schaffer**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2; Die Konservierung der Nahrungs- und Genussmittel durch Chemikalien und Nachweis der letzteren, 1; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genussmitteln. — **Tambor**: Einführung in die Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Repetitorium der Chemie der carbo- und heterocyklischen Verbindungen, für Vorgerücktere, 1. — **Mai**: Anorganisch-chemische Arbeiten im Privatlaboratorium; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Besprechung anorganischer Laboratoriumsarbeiten, 1. —

Graf: Kugelfunktionen (mit Repetitorium), 4; Bessel'sche Funktionen (m. Repetitorium), 3; Funktionentheorie, 2; Gammafunktionen, 2; Differential- u. Integralrechg., 2; Politische Arithmetik, 2; Mathematisch. Seminar (m. Huber), 2; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar (mit Moser), 1. — **G. Huber**: Mechanik des Himmels, 2; Raumkurven und abwickelbare Flächen, 2. — **Ott**: Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie I, 2. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie, Übungen auf dem Terrain, 3. — **Moser**: Das Makeham'sche Gesetz und seine Bedeutung für die Versicherungsrechnung, 1–2. — **Crelier**: Géométrie synthétique I, 2 *g*. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Laboratorium für Anfänger (mit Hagenbach), 8. — **Hagenbach**: Physikalische Messungen mit Berücksichtigung des Praktikums, 2. — **Pflüger**: Mechanische Wärmetheorie, 2. — **Bucherer**: Die Elektronentheorie mit Einführung in die Vektoranalysis (Kathodenstrahlen, Zeemansches Phänomen), 2 *g*. —

Anschütz: Experimentalchemie I: Allgemeine und anorganische Chemie, 5; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Partheil und Rimbach), tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4. — **Schroeter**: Cyklische Kohlenstoffverbindungen II: Heterocyklische Substanzen, 2; Praktikum über organische Farbstoffe (mit Binz), 3. — **Pauly**: Über Abkömmlinge der Kohlensäure, 1. — **Rimbach**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2; Polarimetrie und Refraktometrie und ihre Anwendungen in der Chemie (mit Übungen), 1; Übungen in der mikrochemischen Analyse, 2 *g*; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden (mit Löb), 3 *g*. — **Partheil**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 4; Nahrungsmittelchemie, 2; Galenische Präparate, 1 *g*. — **Binz**: Organische Farbstoffe mit Berücksichtigung der Patentlitteratur, 1. — **Löb**: Physikalische Chemie I: Die allgemeinen Eigenschaften der Stoffe, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie und Elektrochemie, tägl., *g*. — **Heusler**: Chemische Technologie für Juristen und Kameralisten (mit Exkursionen und Demonstrationen in der Düsseldorfer Ausstellung), 2. —

Lipschitz: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Kortum**: Funktionentheorie, 4; Unendliche Reihen, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Heffter**: Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4; Darstellende Geometrie: Parallelprojektion, mit Zeichenübungen, 5. — **Küstner**: Theorie und Praxis der astronomischen Instrumente, 3; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), tägl.; Astronomisches Kolloquium, 1 *g*. — **Deichmüller**: Theorie des astronomischen Fernrohrs, 2; Praktisch-astronomische Arbeiten, 2 mal wöchentlich, *g*. — **Mönnichmeyer**: Chronologie, 1. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum (mit Prümm), 2; Experimentalphysik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, 2; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 1. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Cruse), 6. —

R. Meyer: Technologische Übungen, 2; Organische Experimentalchemie, 6; Chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Arbeiten im Laboratorium für analytische und technische Chemie (mit Biehringer und Maier). — **Biehringer**: Analytische Chemie (für technische Chemiker), 2; Stöchiometrische Rechnungen, 1; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Chemie der Metalle, 2. — **Bodländer**: Elektrochemie, 2; Metallurgie, 2; Chemische Technologie I, 5; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie. — **Reinke**: Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Zuckertechnik, 2; Die besonderen Methoden der Zuckerherstellung, 4; Betriebsstörungen in der Gärungs-, Stärke- und Zuckertechnik, 2; Arbeiten im Laboratorium für Gärungs-, Stärke- und Zuckertechnik (mit Grevel). — **Pommer**: Anbau und Pflege der Zuckerrübe, 2. — **Schultze**: Agrikulturchemie, 2. — **Beckurts**: Abwässerreinigung, 2; Pharmakognosie, 3, Übungen, 2; Pharmazeutische Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie (mit Troeger und Frerichs). — **Troeger**: Analytische Chemie (für Pharmazeuten) in zwei Kursen, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Gasanalyse, 1. — **Linde**: Pharmakogn. Praktikum, 3. — **Degener**: Chemie der Rübe und der Rübensaftreinigung, 3. —

Fricke: Analytische Geometrie und Algebra, 2; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Analytische Mechanik, 3; Elementarmathematik, 2. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Geometrie der Bewegung, 3; Stereometrie, 1. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper (für Architekten), 5, Übungen, 2. — **Schöttler**: Technische Mechanik I, 5, Übungen, 2; Angewandte Wärmemechanik, 3; Messungen an Maschinen (mit Schmidt). — **Denecke**: Technische Mechanik III, 4, Übungen, 1; Betriebsmittel für Strassen und Eisenbahnen, 2; Eisenbahnmaschinenbau, 2; Maschinenkonstruieren II, Übungen, 4; Maschinenzeichnen, Übungen, 4. — **Querfurth**: Theorie und Konstruktion der hydraulischen Motoren, 2; Berechnung und Bau der Dampfmaschinen, 3; Theorie und Konstruktion der Pumpen und Gebläse, 2; Maschinenkonstruieren III, 8. — **Friedmann**: Grundzüge des Maschinenbaues, 2; Maschinenelemente, 4; Theorie der Regulatoren, 3; Maschinenkonstruieren I, 10. — **Lüdicke**: Allgemeine mechanische Technologie, 2; Werkzeugmaschinen, 2; Entwerfen von Werkzeugmaschinen, 3; Spinnerei, 2; Weberei, 2; Mühlenwesen, 3; Technologische Übungen, 2. —

Universität Breslau.

O. E. Meyer: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Lehre von der Wärme, 1 *g*; Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium (mit Neumann), 3, 6 bezw. tägl. — **Neumann**: Theoretische Physik II: Hydromechanik, 4, Übungen, 1 *g*. —

Ladenburg: Allgemeine Experimentalchemie, 6; Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Praktisch-chemische Übungen a) (mit Abegg), tägl. ausser Sonnabend, b) für Mediziner, c) für Landwirte. — **Abegg**: Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1; Elektrochemie, 2; Die Molekularverbindungen, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — **Scholtz**: Die synthetischen Methoden der organischen Chemie, 2; Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Ahrens**: Technologie der Brennstoffe, Teerprodukte und künstlichen Farbstoffe, 4; Technologie der Gärungsindustrieen, 2; Technische Gasanalyse, 1 *g*; Chemisch-technisches Praktikum nebst Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. ausser Sonnabend. — **Herz**: Chemische Verwandtschaftslehre (ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie), 1; Analytische Chemie, 2. — **Poleck**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Die Gifte in chemischer und forensischer Beziehung, 3; Massanalyse, 2; Ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, Benzolderivate, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Hygiene, tägl. ausser Sonnabend. —

Rosanes: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Neuere Methoden der analytischen Geometrie, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars über bestimmte Integrale,

1 bis 2 *g*. — **Sturm**: Elemente der Liniengeometrie, 3; Geometrische Abschnitte der Mechanik, 3; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **London**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **Franz**: Einleitung in die Geodäsie, 1 *g*; Rotation, Präzession, Nutation, Libration, Figur und Flut der Himmelskörper, 2; Astrophysik: Spektralanalyse, Photometrie und Photographie der Gestirne, 2; Astronomisches und geodätisches Praktikum, 2. —

Technische Hochschule Brünn.

N. N.: Physik, 5; Elektrizitätslehre, 3. — **Tuma**: Physik, 3; Physikalisches Praktikum, 4. — **Niesel v. Mayendorf**: Meteorologie und Klimatologie, 3. — **Zickler**: Allgemeine Elektrotechnik, 3; Spezielle Elektrotechnik: Elektrotechnische Konstruktionen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 2; Elektrotechnische Arbeiten. —

Habermann: Organische Chemie, 6; Analytische Chemie I: Allgemeiner Teil, 2; Chemische Übungen I, 10, II, 20. — **Hönig**: Chemische Übungen III, 20; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 3; Enzyklopädie der technischen Chemie, 4; Technische Warenkunde der nichtorganischen Rohstoffe, 2. — **Donath**: Chemische Technologie I, 6, II, 6, III, 1½; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie, 20. — **Weinreb**: Spezielle Färberei und Zeugdruckerei, 2. — **Frenzel**: Elektrochemie II: Anwendungen, 2. — **Mikosch**: Technische Mikroskopie, 1, Übungen, 2; Technische Warenkunde der organisierten Rohstoffe, 3, mikroskopische Übungen, 4. —

Waelsch: Grundlehren der höheren Mathematik, 5; Mathematische Übungen, 2. — **Biermann**: Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik II, 3, Übungen, 1; Mathematische Näherungsmethoden, 2; Über konforme Abbildungen, 1. — **Rupp**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Übungen, 4; Ausgewählte Partieen aus dem Gebiete der darstellenden Geometrie, 2. — **Obenrauch**: Geschichte der Geometrie, 1. —

Universität Czernowitz.

Handl: Ausgewählte Kapitel der Experimentalphysik, 2; Praktisch-physikalische Übungen, 6 *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik, 5; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 *g*; Mathematisch-physikalisches Proseminar, 2 *g*. —

Pribram: Allgemeine Chemie II, 5; Pharmazeutische Chemie, 5; Chemische Übungen, für Anfänger, halbtägig, täglich ausser Sonnabend; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. ausser Sonnabend, *g*. —

Puchta: Ausgewählte Kapitel der analytischen Geometrie, 2; Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf die Geometrie, 3; Seminar für Mathematik, 2 *g*. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum, 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik; Theoretische Elektrizitätslehre, 2. — **Zeissig**: Experimentalphysik, 4; Repetitorium der Experimentalphysik für Pharmazeuten, 1. — **Rudolphi**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemisches Kolloquium; Physikalisch-chemische Übungen und Arbeiten. — **Meisel**: Grundzüge der Kartenprojektionslehre, 1, Übungen 2; Theorie der optischen Instrumente II, 2. — **Forch**: Berechnung physikalischer Aufgaben, 1. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II, 4, Übungen, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium, 6 halbe Tage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Elektrotechnik. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2; Elemente der Elektrotechnik, 3; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Projektieren elektrischer Licht- und Kraftanlagen, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. — **Greim**: Mathematische Geographie in elementarer Behandlung, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Meteorologie und Klimatologie. — **Lincke**: Maschinenelemente, 6; Konstruktions-Übungen zu Maschinenelementen, 9. — **Berndt**: Konstruktions-Übungen in Maschinenelementen, 3; Allgemeine Maschinenlehre, 3; Eisenbahn-Maschinenbau I, 3; Eisenbahn-Maschinenbau II, 2; Übungen zu Werkzeugmaschinen und zu den Elementen des Lokomotivbaues, 3; Gasmotoren, 2; Maschinenbau-Praktikum I, 3. — **Krauss**: Mechanische Technologie I, 2, II, 4; Arbeiterschutz, 2; Hüttenmaschinen, 1. — **Gutermuth**: Dampfkessel, 2; Pumpmaschinen, 4; Gebläse und Kompressoren, 2; Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbau-Praktikum II, 3. — **Pfarr**: Regulatoren zu Wasserkraftmaschinen, 1; Maschinenbau-Praktikum III; Fabrikanlagen, 2; Konstruktions-Übungen zu Hebemaschinen, Wasserkraftmaschinen und Fabrikanlagen, 6; Papierfabrikation und deren Maschinen, 2. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnungen der Maschinenfabrikation, 1. —

Staedel: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2; Elektrochemisches Kolloquium, 1; Chemisches Praktikum für Elektrochemiker, tägl. ausser Sonnabend; Chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum, täglich ausser Sonnabend. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Teerfarbstoffe, 4; Praktikum im Farbstofflaboratorium. — **Kolb**: Analytische Chemie I, 2; Methoden der organischen Analyse, 2; Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Heyl**: Elemente der organischen und Agrikultur-Chemie, 3; Pharmazeutische Chemie, 2; Ausmittelung der Gifte, 1. — **Krausser**: Pharmakognosie, 1, Übungen, 1. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Chemisch-technisches Kolloquium, 1. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genussmitteln und Gebrauchsgegenständen, 8. — **Vaubel**: Theoretische Chemie, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1. — **Neumann**: Die Nutzmetalle, 1; Hüttenmännische Probierkunst, mit Übungen, 2; Elektroanalyse, 1. —

Gundelfinger: Höhere Mathematik I, 5, Übungen 3; Analytische Übungen; Repetitorium der höheren Mathematik I und II, 1. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen 2; Mechanik I, 5, Übungen 1; Repetitorium der Mechanik, 1; Reine Kinematik mit Übungen, 2. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen 3; Ergänzung zu der Vorlesung über höhere Mathematik I, 2; Elemente der höheren Algebra, mit Übungen, 2. — **Wiener**: Ebene Kurven und Raumkurven in geometrischer Behandlung mit Anwendungen auf Technik und Kunst und Technik, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen 6; Arbeiten im mathematischen Institut. — **Scheffers**: Höhere Mathematik für Architekten, Chemiker, Elektrochemiker und Geometer, 3, Übungen, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6. — **Graefe**: Repetitorium der Elementarmathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik für Architekten, Chemiker und Elektrochemiker, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum I, 3, II, 6 oder 9; Praktikum für grössere physikalische Arbeiten, 20. — **Toepler**: Einleitung in die Theorie des Potentials und der stationären elektrischen Strömung, 2. — **Krone**: Theorie und Praxis der Photographie und Kolloquium über wissenschaftliche Photographie, 3; Lichtpausen, kürzerer Kursus, 2 *g*. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II: Dynamomaschinen, Transformatoren, Elektromotoren, Kraftverteilung, 2; Theorie des Wechselstromes, 3; Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrotechnisches Laboratorium, 30; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Kübler), 2 *g*. — **Kübler**: Dynamomaschinen II, 2; Elektrische Arbeitsübertragung, 2; Entwerfen von Dynamos, 4; Die Starkstromtechnik im Eisenbahnwesen und Werkstättenbetrieb I, 1. — **Ulbricht**: Eisenbahnsignalwesen und elektrische Eisenbahneinrichtungen, 3 *g*. — **Scheit**: Maschinenelemente für Maschinen- und Elektroingenieure, 5, für Bauingenieure, 3; Maschinenkonstruieren (Maschinenelemente) für Maschinen- und Elektroingenieure, 10, für Bauingenieure, 4; Hebemaschinen, 2; Maschinenkonstruieren (Hebezeuge) für Maschinen- und Elektroingenieure, 10; Untersuchung von Baumaterialien, 3; Festigkeitslehre für Maschinen- und Elektroingenieure, 3. — **Fischer**: Allgemeine Maschinenlehre (Kraftmaschinen), 4; Technisches Zeichnen für die mechanische und chemische Abteilung, 4; Skizzieren, 4; Appreturmaschinen, 2. — **L. Lewicki**: Dampfmaschinen (Fortsetzung), 4; Wasserkraftmaschinen, 3; Maschinenkonstruieren für Maschinen- und Elektroingenieure, 10; Arbeiten im Maschinen-Laboratorium A mit Kolloquium (mit E. Le-

wicki), 3. — **Mollier**: Technische Thermodynamik II: Gas- und Kältemaschinen, 4; Kinematik II, 2, Übungen, 3; Arbeiten im Maschinenlaboratorium B, 3; Grössere Arbeiten im Maschinenlaboratorium B, 24. — **Ernst Müller**: Allgemeine mechanische Technologie I, 3; Papierfabrikation, 3; Praktikum für Faserstofftechnik, halbtägig; Übungen im Aufnehmen und Berechnen von zusammengesetzten Arbeitsmaschinen (für Fabrikingenieure), 3 *g*. — **Grübler**: Technische Mechanik II, 6, Übungen, 2; Graphostatische Übungen, 2 *g*.

Hempel: Experimentalchemie (anorganische), 6; Anorganisch-chemisches Praktikum, qualitative Analyse, 12; quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse, ganztägig. — **v. Meyer**: Organisch-technische Chemie I: Chemische Technologie der Fette und Öle: Fabrikation von Seife, Kerzen, Glycerin, Sprengstoffe, Lederbereitung, 3; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Möhlau**: Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 3; Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe I, 2; Praktikum für Farbenchemie und für Färbereitechnik, halbtägig, für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie, ganztägig. — **Bucherer**: Einführung in das allgemeine Patentwesen, 1; Chemisch-technische Tagesfragen, erörtert an Hand der neueren Patentlitteratur, 1 *g*. — **F. Foerster**: Chemische Technologie des Glases, der Thonwaren, der Bausteine und des Mörtels, sowie des Cements (mit Exkursionen), 2; Physikalische Chemie I (zugleich Einführung in die Elektrochemie), 2; Praktikum für Elektrochemie, 12, für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig. — **Lottermoser**: Chemie der Colloide, 1; Anwendung der Titriermethoden in der Technik, 1. — **Erich Müller**: Reduktion und Oxydation durch Elektrolyse, 1. — **Schlossmann**: Die Untersuchung der wichtigsten Körperflüssigkeiten (Milch, Harn u. s. w.), mit Übungen, 2. — **v. Walther**: Moderne Theorien der organischen Chemie (Stereochemie, Benzoltheorie), 1; Metallorganische und organische Phosphor-Arsen-Antimon-Verbindungen u. s. w., 1. —

Fuhrmann: Differential- und Integralrechnung, 5; Anwendungen der Elementarmathematik, 2; Geodätisches Praktikum, 4; Geodätisches Zeichnen, 2. — **Hegar**: Raumkurven III. Ordnung, 1 *g*. — **Helm**: Analytische Geometrie I, 3, Übungen, 1; Elektrodynamik nach ihrer geschichtlichen Entwickelung, 2; Dioptrik, 2; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2. — **Krause**: Integralrechnung, 5, Übungen, 2; Elemente der Theorie der doppelt periodischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Naetsch**: Analytische Theorie der Kurven und krummen Flächen, 3; Sphärische Trigonometrie, 2. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2, Übungen, 1; Sphärische Astronomie, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, Übungen, 2; Triangulierungsübungen, 4; Geodätisches Praktikum I, 4, II, 4; Grössere Terrainaufnahmen, 2 Wochen. — **Rohn**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Kurven und Flächen 2. Grades, 2 *g*. — **Stutz**: Planzeichnen II, 2; Technisches Zeichnen für Ingenieure, 6. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (Chemiker, Mediziner u. s. w.), 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 44; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Schmidt**: Theoretische Physik I: Mechanik, Hydrodynamik, Wärme und Akustik, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Wehnelt**: Elektrotechnik, 2. —

Fischer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Busch), a) Halbpraktikum, 20, b) Vollpraktikum, 40. — **Paal**: Chemie in ihrer Anwendung auf Pharmazie und Medizin, 3; Ausmittelung von Giften (einschliesslich der pharmazeutischen Chemie der Alkaloide), 1; Chemisches Praktikum, a) ganztägig, 44, b) halbtägig, 24; Praktischer Kurs für Studierende der Pharmazie, 20; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genussmittel, a) ganztägig, 44, b) halbtägig, 24 bezw. 20. — **Busch**: Chemische Technologie: Anorganische Grossindustrie, Metallurgie (mit Exkursionen), 2. — **Henrich**: Über Arbeits- und Forschungsmethoden der organischen Chemie, mit Experimenten, 2. — **Jordis**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, mit Demonstrationen, 1; Einführung in die Elektrochemie, mit Demonstrationen, 1. —

Gordan: Differentialgleichungen, 4; Algebra, 4; Übungen, 3 *g*. — **Nöther**: Synthetische Geometrie mit Übungen, 3; Differentialgeometrie der Kurven und Flächen, 3; Einleitung in die Theorie der elliptischen Funktionen, 3. —

Universität Freiburg i. B.

Himstedt: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 15; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **G. Meyer**: Physikalische Chemie, 2; Spektralanalyse, 2; Spektralanalytisches Übungspraktikum, einmal wöchentlich *g*; Selbständige physikalisch-chemische Untersuchungen für Geübtere, tägl. — **Koenigsberger**: Mechanik der festen und flüssigen Körper, 2; Anwendung neuerer physikalischer Theorien in Geologie und Mineralogie, 1. —

Gattermann: Organische Experimentalchemie, 5; Grundzüge der Gasanalyse, 1 *g*; Chemisches Seminar, 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl. ausser Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen für Lehrer der Chemie (mit Rupp), 2 *g*. — **Willgerodt**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Organische Technologie, 2; Analyse der Nahrungs- und Genussmittel, 2. — **Edinger**: Chemie der aliphatischen Verbindungen, 2. — **Fromm**: Über qualitative Analyse, 1; Repetitorium der Chemie für Mediziner, 2. — **Müller**: Theoretische Chemie (anorganischer Teil), 2; Qualitative Analyse, 2. — **Rupp**: Chemie der Teerfarbstoffe, 1. — **Meigen**: Geschichte der chemischen Theorien, 2. —

Lüroth: Integralrechnung, 5, Übungen, *g*; Variationsrechnung, 3. — **Stickelberger**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen; Bestimmte Integrale, 3. — **Loewy**: Einführung in die höhere Mathematik mit Anwendungen auf Fragen der Naturwissenschaften, 2; Ausgewählte Fragen der Gruppentheorie, 2; Theorie und Anwendung der Determinanten, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1. — **Rebmann**: Trigonometrie, 3. —

Universität Giessen.

Drude: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4½; Physikalisches Praktikum, 6; Praktikum für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium. — **Fromme**: Thermodynamik, 4; Niedere Geodäsie, 2, praktische Übgn., 1 Nachmittag. —

Naumann: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Untersuchung von Nahrungsmitteln und technischen Erzeugnissen (mit Eidmann), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Schröder**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2. — **Eidmann**: Pharmazeutisch-chemische Präparate I, 2; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, mit Exkursionen, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, 5; Die synthetischen Darstellungsmethoden der Kohlenstoffverbindungen, 2; Chemisches Kolloquium, 1½. — **Klappert**: Chemisches Repetitorium, 2. —

Pasch: Algebra, 4; Ausgewählte Teile der analytischen Geometrie, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Netto**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Elliptische Funktionen, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Haussner**: Integralrechnung, 3; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Darstellende Geometrie mit Übungen, 5. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik I, 3; Physik. Übungen, 8; Ausgew. Teile d. Elektrizität u. d. Wärme, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschritt., 40 *g*. — **Voigt**: Allgem. Wärmelehre, 4; Praktische Übgn., 4; Magnetismus, 2 *g*; Wissenschaftliche Untersuchungen für Vorgeschrittene, 40 *g*. — **Simon**: Wechselstromtheorie und -Technik, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Ausgewählte Kapitel der angewandten Elektrizitätslehre, 1 *g*, Anleitung zu selbständigen Arbeiten, 48 *g*. — **Kaufmann**:

Übungen in der Handhabung und Herstellung einfacher Demonstrationsapparate, 3; Physikalische Grundlagen der Musik, 1 *g*. — **Abraham**: Kinetische Gastheorie 2; Übungen zur höheren Analysis, 2. — **Stark**: Energetische Grundzüge der Physik und Chemie, 1 *g*. —

Nernst: Elektrochemie, 3; Physiko-chemische Arbeiten und Übungen, tägl.; Physiko-chemisches Kolloquium, 1 *g*; Lektüre ausgewählter Klassiker der exakten Wissenschaften, 1 *g*. — **Coehn**: Thermochemie, 2. — **Bose**: Elektrochemische Messkunde, 2. —

Wallach: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Laboratorium, 20—40; Chemie der Terpene, 1 *g*. — **Tollens**: Agrikulturchemie (Pflanzenernährungslehre), 3; Agrikulturchemisches Praktikum (mit Hugershoff), 30 ($12^1/_2$). — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie (anorganischer Teil), 4; Gerichtlich-chemische Analyse, 2. — **Fischer**: Chemische Technologie I, 2; Chemisch-technologische Übungen, 1 *g*. — **Kötz**: Analytische Chemie, 2; Moderne anorganische Chemie, 2. — **Manchot**: Stereochemie, 1; Moderne anorganische Probleme, 1. —

Klein: Höhere Mechanik, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Hilbert**: Differential- und Integralrechnung, 4; Grundlagen der Geometrie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Potentialtheorie, 2; Funktionentheoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Brendel**: Ausgewählte Kapitel der höheren Analysis, 3; Übungen zur höheren Analysis (mit Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Probleme), 2; Gyldensche Störungstheorie, 3 *g*. — **Schilling**: Analytische Geometrie, 4; Photogrammetrie und malerische Perspektive, 1, Übungen, 2; Seminarübungen über Geometrie, 1 *g*. — **Wiechert**: Einführung in das Vermessungswesen, 4; Geophysikalisches Praktikum, *g*; Selbständige Arbeiten Vorgeschrittener im geophysikalischen Institut, *g*. — **Schwarzschild**: Theorie der optischen Instrumente, 2; Populäre Astronomie, 1 *g*; Mathematisches Seminar (mit Klein), 2 *g*. — **Bohlmann**: Soziale Versicherung, 2; Übungen im Versicherungsseminar, 2 *g*. — **Ambronn**: Sphärische Astronomie II, 2; Praktische Übungen an den Instrumenten der Sternwarte für Anfänger und für Fortgeschrittene, tägl. — **Zermelo**: Variationsrechnung, 2; Übungen zur Differential- und Integralrechnung, 2; Übungen zur höheren Analysis, 2. — **Blumenthal**: Galoissche Theorie der algebraischen Gleichungen, 3. — **Lorenz**: Praktikum im Maschinenlaboratorium, $3^1/_2$; Ausgewählte Kapitel aus der angewandten Hydromechanik, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Maschinenlaboratorium, 3 *g*. —

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik II: Akustik, Elektrizität und Optik, 5; Physikalische Übungen, 12 *g*. — **Wassmuth**: Elektrizität und Magnetismus mit Einschluss der elektromagnetischen Lichttheorie, 4; Theorie der Brechung des Lichtes in Prismen und Linsen, 1; Mathematisch-physikalische Seminar-Übungen, 3 *g*. — **Subic**: Über Vorhersagung des Wetters, 2. —

Skraup: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Chemische Übungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Streintz**: Elektrochemie, 2; Die Leitfähigkeit fester Körper, 1 *g*. — **Schrötter**: Chemie der carbocyklischen (aromatischen) Verbindungen, 3. —

Frischauf: Differentialgleichungen, 3; Anwendungen der Kugelfunktionen, 2. — **Dantscher v. Kollesberg**: Integralrechnung (Fortsetzung), 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streissler**: Darstellende Geometrie II, 3. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, Akustik, Optik, 5; Ausgewählte Kapitel der Elektrizitätslehre, 3; Elektrotechnische Übungen: Praktische Messungen, 8. — **Streintz**: Über Leitfähigkeit fester Körper, 1; Elektrochemie, 2. —

Emich: Organische Chemie I, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene. — **Andreasch**: Unterricht und Übungen in der qualitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 18; Agrikulturchemie, 2; Chemische Technologie der organischen Stoffe: Technologie der Fette, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20. — **Benj. Reinitzer**: Unterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe: Glas- und Thonwarenerzeugung, 4; Elektrochemie, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20. — **v. Hemmelmayr**: Die Ermittelung der Konstitution organischer Verbindungen, 2. — **Kraft**: Mechanische Technologie I: Metalle, Holz und Stein, 2, II: Metalle und Holz, 2, III: Spinnerei, Weberei, Appretur und Papierfabrikation, 2; Mechanische Schutzmittel gegen Unfälle, 2. — **Friedr. Reinitzer**: Technische Mykologie: Technisch wichtige, gärungserregende Bakterien, Hefen- und Schimmelpilze, 2; Warenkunde: Chemisch-technische Rohstoffe des Pflanzen- und Tierreiches, 3. —

Hocevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik II, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüssler**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Ausgewählte Kapitel aus darstellender Geometrie, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik (einschliesslich der Elemente der graphischen Statik) II, 4, Übungen, 1; Technische Mechanik II, 3. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie II, 4; Sphärische Astronomie, 2; Praktische Messübungen: Niedere Geodäsie (Feldübungen). —

Universität Greifswald.

König: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchgn., tägl.; Elementar-mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*; Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten (mit Mie), 2 *g*. — **Mie**: Theoretische Physik: Elektrizitätslehre, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Holtz**: Galvanische Elektrizität, experimentell, 1; Physik der Erde, mit Experimenten, 1 *g*. — **Schreber**: Theorie der Turbinen, 1; Mathematische Einleitung in die theoretischen Naturwissenschaften, 2. —

Auwers: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig; Chemie der Teerfarbstoffe, 1 *g*. — **Schwanert**: Pharmazie II, 4; Analytische Chemie, 2; Besprechungen über pharmazeutisch-chemische Gegenstände, 4 *g*; Über neuere chemische Arzneimittel, 1 *g*; Chemisches Praktikum, a) für Pharmazeuten, 12, b) für Chemiker und Mediziner, 6. — **Semmler**: Über Alkaloide, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie (Fortsetzung), 1 *g*. — **Posner**: Chemie der Benzolderivate, 2; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2. —

Thomé: Elliptische Funktionen II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der analytischen Funktionen, 2 *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Study**: Mechanik I, 4; Ausgewählte Abschnitte der Theorie der Differentialgleichungen, 2 *g*; Übungen im Seminar, *g*. — **Kowalewski**: Integralrechnung, 4, Übungen 1 *g*; Einführung in die Theorie der Kurven und Flächen (Differentialgeometrie), 2; Repetitorium der analytischen Geometrie (mit Besprechungen), 2 *g*. —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Arbeiten von Geübten, tägl.; Linsentheorie, 2 *g*. — **Schmidt**: Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, 4; Übungen zur theoretischen Physik, *g*. —

Volhard: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Doebner und Vorländer), tägl. ausser Sonnabend; Übungen in Vortrag und Demonstrationen, 1 *g*. — **Doebner**: Pharmazeutische Chemie I: Unorganische Chemie, 4; Über neuere Arzneimittel, 1 *g*. — **Baumert**: Einleitung in das Studium der Chemie, 2; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Praktische Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl. ausser Sonnabend. — **Vorländer**: Analytische Chemie, 2. — **Roloff**: Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation und ihre Anwendung auf die chemische Praxis, 2. — **Köthner**: Über Atomgewichtsbestimmungen, 1 *g*. —

Cantor: Ausgewählte Kapitel der Theorie der ellip-

tischen Funktionen, 2; Höhere Algebra, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g.* — **Wangerin**: Differentialrechnung, mit Übungen, 5; Theorie der Raumkurven und Flächen, 5; Analytische Mechanik II, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14 tg., 2 *g.* — **Eberhard**: Invariantentheorie, 3; Höhere algebraische Kurven, 2 *g.* — **Grassmann**: Analytische Geometrie der Ebene, mit Übungen, 3; Übungen zur technischen Mechanik, 1 *g.* — **Buchholz**: Jacobis Untersuchungen zur Theorie der Bewegung der Himmelskörper und über deren Bahn, 3. —

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Arbeiten im Laboratorium der Physik, 4. — **Precht**: Photographieren, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Entwerfen von Dynamomaschinen und Transformatoren (mit Heyck und Winkelmann), 2; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Heyck, Winkelmann und Schüppel), I, 8, II, nach Übereinkunft, für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen II: Centralanlagen, 3, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, elektrotechnischer Teil, 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen, 4. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Messkunde I, 2. — **Thiermann**: Günstigste Anordnung elektrotechnischer Messungen und die Einflüsse der Fehler auf das Resultat, 1. — **Franke**: Wechselstrommaschinen, 2. — **Frank**: Maschinenorgane (mit Wegener und Ryssel), 4, Übungen, 7; Eisenbahnmaschinenbau (mit Ryssel), 3, Übgn., 3. — **Frese**: Ingenieurlaboratorium I (mit Aschof, Elbelt und Heering), 1, Übungen, 8, II, Übungen, 8; Theoretische Maschinenlehre: Kinematik (mit Aschof), 4. — **Troske**: Grundzüge des Maschinenbaues (mit Burkowitz), 3, Übgn., 4; Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues, 2; Fabrikanlagen und Eisenbahnwerkstätten, Übungen, 3. — **Klein**: Allgemeine Maschinenlehre II (mit Burkowitz), 4; Hebezeuge und Pumpen (mit Burkowitz), Übungen, 4; Wasserhaltungs-Förder- und Gebläsemaschinen, 3. — **v. Roessler**: Maschinenzeichnen (mit Aschof, Burkowitz und Wegener), 3; Technologie der Kunstgewerbe, 2; Spezielle Technologie II, 2; Fabrikationszweige der Textilindustrie, 3; Technolog. Praktikum, Übungen, 3.

Seubert: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Jänecke und Klapproth), tägl. ausser Sonnabend. — **Eschweiler**: Massanalyse, 2. — **Behrend**: Physikalische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Keiser), tägl. ausser Sonnabend. — **Ost**: Chemische Technologie II, 3; Untersuchungsmethoden, 1; Mineralöle und Fette, 2; Übungen in der Elektroanalyse (mit Koech), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Koech), tägl. ausser Sonnabend. — **Wehmer**: Die Gärungsorganismen, 1 *g*; **Laves**: Nahrungsmittelchemie, 2 *g.* —

Kiepert: Differential- und Integralrechnung II, 6, Übgn., 2; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 5, Übungen, 1. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung I, 3, Übungen, 1, III, 5, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 4. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Peters, Ahlf und Weber), 3, Übungen, 6, I, 3, Übgn., 6. — **Prandtl**: Mechanik I, 4, Übungen, 1. — **Reinhertz**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), Übgn., 3; Planzeichnen (mit Petzold), 4; Geodäsie I (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der astronomischen Ortsbestimmung mit Übungen (mit Petzold), 2. —

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, 4; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend; Übungen des physikalischen Seminars, 1 *g.* — **Wolf**: Meteorologie, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel der Geophysik: Ebbe und Flut, Erdmagnetismus, 1 *g.* — **Pockels**: Einführung in die Mechanik der nichtstarren Körper: Hydrodynamik, Elastizität, Akustik, 3, Übungen, 1 *g*; Krystallphysik, 2. —

Curtius: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Anfänger-Praktikum für Mediziner, 3; Einführung der Mediziner in das praktische Studium der Chemie, 1. — **Brühl**: Anorganische Chemie mit Experimenten, 3; Praktische Übungen, tägl. ausser Sonnabend; Medizinisch-chemische Übungen, tägl. ausser Sonnabend. — **Jannasch**: Titrier-Analyse, 2; Ausmittelung der Gifte, 4; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Knoevenagel**: Chemische Technologie (organische Prozesse) mit Ausflügen, 2. — **Bredig**: Elektrochemie, 2; Kontaktchemie, die Lehre von den katalytischen Erscheinungen in der wissenschaftlichen und technischen Chemie und in der Biologie, 1. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen, tägl. ausser Sonnabend. — **Dittrich**: Chemie der Metalle, 2; Chemisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, a) ganztägig, b) halbtägig (für Anfänger und Mediziner); Ferienkurse: a) Chemisches Praktikum, ganztägig, in den Osterferien im März, nach Semesterschluss beginnend, in den Herbstferien von Mitte September bis Mitte Oktober, b) Chemisches Praktikum für Mediziner dreiwöchentlich im März und Oktober. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganischer Teil, 2; Qualitative Analyse, 2; Chemie der heterocyklischen Verbindungen, 2. — **Klages**: Chemie der Kohlehydrate, 1. — **Mohr**: Pyridinderivate und Alkaloide, 2. —

Koenigsberger: Differential- und Integralrechnung, 4; Theorie der Linien und Flächen, 4; Mathematisches Unter- und Ober-Seminar, 2. — **Valentiner**: Sphärische Astronomie, 3; Allgemeine Astronomie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Stellar-Astronomie II, 1. — **Cantor**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Arithmetik und Algebra (für Kameralisten), 3. — **F. Eisenlohr**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Mechanik, 4. — **Koehler**: Synthetische Geometrie der Ebene, 3. — **Landsberg**: Theorie der Determinanten, 2; Zahlentheorie, 2. — **Boehm**: Ausgewählte Kapitel der höheren Mechanik: Kreiselbewegung, verborgene Bewegung, eventuell rollende Bewegung, 1 oder 2. —

Universiät Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, a) für Physiker, 6, b) für Mediziner, 4, c) für Chemiker, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen, tägl. — **Abbe**: Wird nicht lesen. — **Auerbach**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Absolute Maasse, 1 *g.* — **Straubel**: Geophysik II, 2. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum (mit Wolff, Duden und Rabe), a) Vollpraktikum, tägl., b) Halbpraktikum, tägl., c) Medizinerpraktikum, 3, d) Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g.* — **Wolff**: Massanalyse, 2; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Duden**: Die modernen Theorien der Chemie, 1. — **Gaenge**: Gerichtliche Chemie, 1; Praktische Übungen in der Verwendung optischer Instrumente zu chemischen Untersuchungen, 2 *g.* — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I, 2; Untersuchung und Beurteilung der Nahrungs- und Genussmittel, tägl. — **Rabe**: Gasanalyse, 1. —

Thomae: Elliptische Funktionen, 4; Projektive Geometrie, 2; Anwendungen elliptischer Funktionen, 1 *g.* — **Gutzmer**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Variationsrechnung, 3; Die geschichtliche Entwickelung der Analysis, 1 *g.* — **Frege**: Differential- und Integralrechnung mit Übungen, 5. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung mit praktischsn Übungen auf der Sternwarte, 4; Übungen im wissenschaftlichen numerischen Rechnen, 2 *g*; Prinzipien der Himmelsmechanik in gemeinfasslicher Darstellung, 1 *g.* — **Rau**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 2 *g.* —

Universität Innsbruck.

Czermak: Experimentalphysik: Akustik, Optik, 5; Praktische Übungen für Mediziner, 2, für Vorgeschrittene, tägl. *g.* — **Exner**: Mathematische Physik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Seminar für mathematische Physik, 1 *g.* — **Radakovič**: Theorie der dioptrischen Instrumente, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 6. — **Tollinger**: Die physikalischen Eigenschaften der Milch und deren Bedeutung für die Praxis, 2. — **Hammerl**: Elektrotechnik II: Über Wechselstrommaschinen, Motoren und Transformatoren, 2. —

Senhofer: Allgemeine Chemie für Lehramt[illegible] und Mediziner II: Organische Chemie, 5; Prakti[illegible] in analytischer und pharmazeutischer Chemie, [illegible] Anleitung zu analytisch-chemischen Unter[illegible]

ziner, 6 g; Pharmazeutische Chemie, 5. — **Hopfgartner**: Chemie einiger wichtiger Metalle, 1. — **Zehenter**: Chemische Technologie, 2. —

Otto Stolz: Reelle Differential- und Integralrechnung, 4; Arithmetik II: Die komplexen Zahlen, und Einleitung in die allgemeine Funktionentheorie, 3. — **Wirtinger**: Algebraische Funktionen und ihre Integrale, 5; Mathematisches Seminar, 2 g. — **Zindler**: Über Differentialgleichungen, 3; Ausgewählte Abschnitte der Elementarmathematik (auch für Naturhistoriker), 2; Mathematisches Seminar, 1 g. — **v. Oppolzer**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung, 2; Übungen in der Zeitbestimmung, 2; Theorie der astronomischen Refraktion, 1. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Seminar, in unmittelbarem Anschluss an die Vorlesung (mit Sieveking), 1; Physikalisches Repetitorium (mit Sieveking), 1; Physikalisches Laboratorium, 6; Elektrizität und Licht, 1. — **Arnold**: Gleichstromtechnik, 2; Wechselstromtechnik, 1; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 3; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher und Teichmüller), 4 Nachm., II, 2 Nachm. — **Meidinger**: Ältere Anwendungen der Elektrotechnik (Blitzableiter, Galvanoplastik, Telegraphie, Telephonie), 2; Praktikum für Ventilationsanlagen, 1. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4; Photometrie, 1. — **Teichmüller**: Entwerfen von Leitungsanlagen, Übungen, 2; Theorie und Messung der Wechselströme, 3; Elektrische Leitungen (ausgewählte Kapitel), 2. — **Bragstad**: Elemente der Elektrotechnik, 2. — **N. N.**: Allgemeine Theorie der Wellen, 2; Elektromagnetische Lichttheorie. 2. —

Bunte: Chemische Technologie I: Baumaterialien, Glas, Keramik etc., 2, II: Chemische Grossindustrie, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3; Gaschemische Übungen (mit Haber), 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Engler**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Le Blanc**: Thermochemie, 2; Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie, 1; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 ganze Tage. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Analytische Chemie, 1. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2. — **Haber**: Spezielle technische Elektrochemie mit Demonstrationen, 3; Chemische Technologie der Faserstoffe II: Bleicherei, Färberei, Druckerei, 2, Übungen, 2. — **Kast**: Technologie der edlen Metalle mit Übungen in der Probierkunst, 1, Übungen, 3. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, Übungen, 2. — **Scholl**: Chemie der Benzolderivate I und II, 2. —

Haussner: Synthetische Geometrie I und II, 3. — **Heun**: Theoretische Mechanik I und II, 5; Behandlung von Problemen der theoretischen Mechanik, 2. — **Schröder**: Höhere Mathematik II, 2. — **Schur**: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Übungen in Perspektive, 3. — **Wedekind**: Höhere Mathematik I: Infinitesimalrechnung (Differential- und Integralrechnung), 4, Übungen, 2; Analytische Geometrie, 2. — **Disteli**: Projektionslehre, 2, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 4, Übungen, 1. — **Orsinger**: Repetitorium der Elementarmathematik, 2, Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Arithmetik, 2. — **Haid**: Geodätisches Praktikum II, für Ingenieure, Forststudierende und Geometer, 2 Nachmittage, III, für Ingenieure, 1 Nachmittag; Elemente der praktischen Geometrie und Vermessungsübungen für Maschineningenieure und Architekten, 2, Übungen, 1 Nachmittag; Grössere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 4, Übungen, 2. — **Benoit**: Pumpen und Gebläse, 2; Elektrische und hydraulische Hebezeuge, 2; Hebemaschinen, 3; Maschinenkonstruieren I und II, für Studierende des Maschinenwesens, 6, der Elektrotechnik, 3; Maschinenzeichnen, Übungen, 2. — **Brauer**: Festigkeitslehre, 5, Übungen, 2; Hydraulik, 3; Mechanisches Laboratorium, 1, Übungen, 3. — **Grassmann**: Dampfmaschinenbau, 4; Maschinenkonstruieren I und II, für Studierende des Maschinenwesens, 6, für Studierende der Elektrotechnik, 3. — **Keller**: Maschinenelemente, 3; Maschinenkonstruieren (Triebwerke etc.), für Studierende des Maschinenwesens, 8, der Elektrotechnik, 6, des Ingenieurwesens, 4; Lokomotivbau, 3. — **Lindner**: Maschinenkunde, 3; Maschinenfabrikation, 2; Mechanische Technologie, 2; Technisches Zeichnen für Chemiker, Übungen, 2; Technologische Exkursionen. —

Universität Kiel.

Weber: Thermodynamik, 4; Meteorologie, 1 g; Physikalische Technologie mit besonderer Berücksichtigung des Eisenbahnwesens, für Juristen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2. — **Lenard**: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 4; Praktische Übungen für Anfänger, zugleich für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten, 7; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener, tägl. ausser Sonnabend; Besprechungen physikalischer Fragen, 1 g. —

Claisen: Anorganische Experimentalchemie (die Nichtmetalle), 5; Chemisches Praktikum, in der anorganischen Abteilung (mit Biltz), tägl. ausser Sonnabend, in der organischen Abteilung, tägl., für Mediziner, 4. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie (organischer Teil), 3; Einführung der Mediziner in das praktische Studium der Chemie, 3/4 g. — **Biltz**: Analytische Chemie, 2; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, 2, Exkursionen hierzu, g. — **Emmerling**: Agrikulturchemie, 1 g. — **Berend**: Übersicht über die organischen Farbstoffe, 1. — **Stoehr**: Alkaloide, 1. — **Feist**: Tautomerie, 1; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie (3. Serie), 14tägg., g. —

Pochhammer: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Ausgewählte Kapitel aus den partiellen Differentialgleichungen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 g. — **Harzer**: Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik des Himmels, 3; Astronomische Übungen, 1 g. — **Stäckel**: Differentialrechnung und Einleitung in die Analysis, 4; Algebraische Kurven und Flächen, 4; Abels Leben und Werke, 1 g; Übungen im mathematischen Seminar (über Abels algebraische Abhandlungen), 1 g. — **Kreutz**: Sphärische Astronomie II, 3; Fixsternkunde, 1 g. — **Weinnoldt**: Darstellende Geometrie, 6. —

Universität Königsberg.

Pape: Über einige Erscheinungen der elektrischen Induktion, 1 g; Experimentalphysik I: Allgemeine Physik und Wärmelehre, 5; Physikalisches Praktikum. — **Volkmann**: Einführung in das Studium der theoretischen Physik: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1 g; Physikalisch-praktische Übungen, 6. —

Lossen: Repetitorium der Chemie, 1 g; Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum im Laboratorium, tägl.; Kleines chemisches Praktikum. — **Klinger**: Spektralanalyse, 1 g; Organische Chemie, 4; Quantitative Analyse (ausschliesslich der Massanalyse), 2; Übungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Blochmann**: Analytische Methoden der Technik, 1 g; Einleitung in die Teerfarbenindustrie, 2. — **Löwenherz**: Die chemischen Reaktionen vom Standpunkte des Gesetzes der Massenwirkung, 1 g; Einleitung in die anorganische Chemie, für Chemiker und Mediziner, 2; Elektrochemische und physikalisch-chemische Übungen und Arbeiten, g. — **Kippenberger**: Angewandte Elektrochemie, 2 g; Massanalyse, 1; Repetitorium der analytischen Chemie, 1. —

Struve: Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, g; Theorie der speziellen Störungen (für Fortgeschrittene), 1 g; Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 3. — **Meyer**: Differentialrechnung, 3, Übungen, 1 g; Höhere Algebra I, 4; Mathematisches Oberseminar, 1 g. — **Schoenflies**: Elliptische Funktionen, 4; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 g. — **Saalschütz**: Über die Bernoullischen Zahlen, hauptsächlich in zahlentheoretischer Beziehung, 2 g; Theorie der bestimmten Integrale, 4. — **Cohn**: Geodäsie, 3. — **Vahlen**: Minimalflächen, 2; Geometrische Konstruktionen, 1 g. — **Müller**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 g; Technische Mechanik: Festigkeitslehre, 2. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Schall, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum, 9; Physikalisches Kolloquium (mit Boltzmann), 2 g. — **Boltzmann**: Gastheorie, 5; Theo-

retisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **v. Oettingen**: Harmonielehre auf akustischer Grundlage, 1 *g*. —

Wislicenus: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, für Geübtere (mit Stobbe und Rassow), tägl., für Analytiker, tägl.; Chemisches Halbpraktikum, tägl. ausser Sonnabend. — **Ostwald**: Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*. — **Beckmann**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittel-Chemie, tägl.; Pharmazeutisch-toxikologisches Praktikum, halbtäg., tägl. — **Weddige**: Technische Chemie, mit Exkursionen, 2. — **Stobbe**: Organische Experimentalchemie II: Die aromatischen Verbindungen, 3. — **Wagner**: Technik der Experimentalchemie mit Berücksichtigung von Schulversuchen, 1; Chemisches Praktikum für Lehrer (Analyse und Schulversuche), tägl. — **Rassow**: Chemische Technologie (Brenn- und Leuchtstoffe, ausgewählte anorganische Betriebe), mit Exkursionen, 2; Metallurgie mit Exkursionen, 2. — **Luther**: Stöchiometrie, 3. — **Bodenstein**: Chemie der extremen Temperaturen, 2. — **Henze**: Qualitative Analyse, 2. —

Scheibner: Liest nicht. — **Neumann**: Konstruierende Geometrie, insbesondere über Kegelschnitte, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Bruns**: Theorie der astronomischen Instrumente, 4; Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Praktische Übungen auf der Sternwarte (mit Peter), *g*. — **Mayer**: Wird noch ankündigen. — **Hölder**: Allgemeine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4; Zahlentheorie, 2; Mathematisches Seminar: Übungen in Funktionentheorie, 1 *g*. — **Engel**: Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie (Kurven und Flächen), 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Theorie der Transformationsgruppen, mit Übungen, 2; Transformationsgruppen und Invariantentheorie, für Fortgeschrittene, 1, Übungen, 1 *g*. — **Peter**: Theoretische Astronomie (Kometen- und Planetenbahnen), 3; Praktikum in astronomischen Ortsbestimmungen für Geographen, *g*. — **Hausdorff**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Nichteuklidische Geometrie (Fortsetzung), 2; Übungen in gewöhnlichen Differentialgleichungen, 1 *g*. — **Liebmann**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen 1 *g*; Graphische Statik, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Feussner), 2; Physikalisches Praktikum (mit Feussner), 6; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl. — **Feussner**: Analytische Mechanik, 4; Ausgewählte Abschnitte der theoretischen Optik, 2. —

Zincke: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie für Chemiker und Mediziner, 6; Repetitorium für Mediziner über organische Chemie, 1; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Schenck), tägl. — **E. Schmidt**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Über Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel (mit Fritsch und Gadamer). — **Fittica**: Theoretische Chemie, 2; Neuere Geschichte der Chemie, 1. — **Fritsch**: Qualitative Analyse, 1; Pyridinderivate, 1. — **Schaum**: Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Spektralanalytisches Praktikum, 2. — **Gadamer**: Technologie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Prüfung der galenischen Präparate (D. A. B. IV.), 1 *g*. — **Schenck**: Elektrochemie, 2; Einführung in die ersten Arbeiten im Laboratorium und in die analytische Chemie, 2. —

Schottky: Theorie der krummen Linien und Flächen, 4; Allgemeine Funktionen-Theorie, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Hess**: Differentialrechnung, 5; Ausgewählte Kapitel der Geometrie, 3; Übungen des mathematischen Seminars, 3. — **v. Dalwigk**: Theorie der Kegelschnitte, 4; Einführung in die Geodäsie mit praktischen Übungen, 1½ *g*. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II, 5; Praktische Übungen (mit Graetz und Zehnder), 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Graetz**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Theorie des Lichtes, 3; Physikalisches Praktikum (mit Röntgen), 4. — **Zehnder**: Kapitel aus der angewandten Physik, 2. — **Erk**: Wird später ankündigen. — **Donle**: Doppelbrechung und damit zusammenhängende Erscheinungen, 2. —

v. Baeyer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten (mit K. Hofmann und Piloty in der unorganischen Abteilung, mit Königs in der organischen Abteilung), tägl. ausser Sonnabend, ganz- oder halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty), 4. — **Hilger**: Pharmazeutische Chemie II, 4; Forensische Chemie, 1 *g*; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Nahrungsmittelchemie II: Vegetabilische Nahrungsmittel, Gebrauchsgegenstände, Wasser, 1; Chemisches Praktikum: Arbeiten auf dem Gesamtgebiete der angewandten Chemie, speziell der Nahrungsmittel — physiologische Chemie und elektrochemische Arbeiten (mit Weinland), halb- und ganztägig; Spezialkursus für Studierende der Pharmazie, ½ Tag. — **Königs**: Pyridinderivate, 1 *g*. — **K. Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Alkalimetalle, Erdalkalien und Schwermetalle, I, für Anfänger und Vorgeschrittene, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum für Spektralanalyse, 2. — **Piloty**: Über massanalytische Methoden, 2; Elektrolytisches Praktikum, 4—5 wöchentliche Kurse, ganztägig. — **Willstätter**: Über die Entwicklung der organischen Chemie in den letzten Dezennien, 1. — **Dieckmann**: Geschichte der Chemie seit Lavoisier, 1 *g*. — **Weinland**: Prüfung und Wertbestimmung der Arzneimittel nach dem deutschen Arzneibuch I. (Anorganischer) Teil, 1 *g*; Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie. —

Lindemann: Integralrechnung, 5; Theorie der Substitutionen und der höheren algebraischen Gleichungen, 4; Mechanik deformierbarer Körper, 2; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Seeliger**: Theorie der Figur der Himmelskörper (Fortsetzung), 3; Praktisch-astronomische Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g*. — **Pringsheim**: Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der analytischen Funktionen, 4; Fouriersche Reihen, 3. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, für Studierende aller Fakultäten, 4. — **Döhlemann**: Darstellende Geometrie II: Axonometrie, Perspektive, 2, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der neueren Geometrie: Räumliche Gebilde, 3. — **Anding**: Elemente der Astronomie, 2. — **Ed. v. Weber**: Analytische Geometrie des Raumes, mit Übungen, 5; Theorie und Anwendung der Determinanten, 3. — **Korn**: Analytische Mechanik, 4; Kapillaritätstheorie, 1 *g*. — **Göttler**: Allgemeine Theorie der algebraischen Kurven, 3; Repetitorium und Übungen für die Kandidaten des I. mathematischen Examens, 4. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektromagnetismus, Induktion, Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik, 48. — **Fischer**: Mathematische Behandlung der Elektrizität und des Magnetismus, 2; Physikalische Messungen und Messinstrumente (zur Vorbereitung für das physikalische Praktikum), 1; Experimentelle Akustik. — **Knoblauch**: Thermische Messmethoden mit Übungen. — **Föppl**: Praktikum im mechanisch-technischen Laboratorium, 2; Technische Mechanik I: Einführung in die Mechanik, 4, IV: Dynamik, 3. — **Emden**: Hydrodynamik mit Berücksichtigung der Wirbelbewegungen, 3. — **Edelmann**: Physikalische und elektrotechnische Übgn. für Vorgeschrittene; Photographie mit besonderer Berücksichtigung der photographischen Vervielfältigungs- und Lichtpauseverfahren. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, Übungen, 2; Elektrotechnik für Maschineningenieure und Chemiker, 3, Übungen, 2; Theorie und Konstruktion der Messinstrumente und Elektrizitätszähler, 2. — **Heinke**: Grundzüge der Elektrotechnik für Elektroingenieure II, 3, Übungen, 2; Elektrotechnische Messkunde II, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Messtechnik und Photometrie, 4; Elektrische Arbeitsübertragung und Centralanlagen, 2, Übungen, 4. — **Ossanna**: Starkstromtechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Gleichrichtern und Transformatoren, 4; Konstruktionslehre der Gleichstrommaschinen, 2; Entwerfen von Wechsel- und Gleichstromkonstruktionen, 4; Theorie des allgemeinen Transformators mit Anwendung auf den Induktionsmotor und auf den statischen Transformator. — **Gleichmann**: Theorie und

Konstruktion der Schalt- und Regulierapparate, sowie Kostenberechnung von Maschinen und Apparaten, 2; Elektrische Strassen- und Vollbahnen, 1. — **Ultsch**: Konstruktionslehre der Maschinenteile II, 4; Entwerfen von Maschinenteilen II, für Maschineningenieure, 8, für Elektroingenieure, 6; Konstruktionslehre der Arbeitsmaschinen II, 2; Entwerfen von Arbeitsmaschinen II, 6; Allgemeine Maschinenlehre, 4. — **v. Lossow**: Entwerfen von Wasserkraftmaschinen, für Maschineningenieure, 8, für Elektroingenieure, 4; Entwerfen von Dampfkesseln, 2. — **Lynen**: Konstruktionslehre der Dampfmaschinen, 6; Konstruktionslehre der Eisenbahnmaschinen, 2; Entwerfen von Eisenbahnmaschinen, 2. — **Schröter**: Theoretische Maschinenlehre I u. II, 4, Praktikum, 2. — **v. Hoyer**: Mechanische Technologie II, 5; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Technologie: Mühlenanlagen, 2. — **Schmid**: Allgemeine Maschinenlehre II. —

Muthmann: Allgemeine Experimentalchemie einschliesslich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10 bis 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Schultz**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Chemische Technologie III, 4, Praktikum 20 bis 30. — **Eibner**: Über Pyridin- und Chinolinderivate, 1. — **Rhode**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie mit Berücksichtigung der Tageslitteratur, 1. — **Lipp**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Massanalyse I, 4; Brennmaterialien und Feuerungsanlagen mit Einschluss der technischen Gasanalyse II, 1; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3. — **Hofer**: Elektrochemie II, 3. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Gärungschemisches Praktikum, 30; Technologie und Warenkunde I: Anorganische Waren, 2. — **Baur**: Die chemischen Vorgänge in der Photographie. —

v. Braunmühl: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 4, Übungen, 1; Anwendung der elliptischen Funktionen auf geometrische und mechanische Probleme, 2; Mathematisch-historisches Seminar, 1. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 2; Anwendungen der Differentialrechnung auf Raumgeometrie, 4; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder), 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4; Kinematik, 3. — **M. Schmidt**: Vermessungskunde II, 4, Praktikum, 4 oder 8; Hauptvermessungsübungen, 1 oder 2 Wochen; Katastermessungen, 3, Praktikum IV, 10; Kartierungsübungen, 4. — **Hohenner**: Repetitorium über die Lehre von den geodätischen Messinstrumenten, 2. — **Anding**: Elemente der Astronomie, 2. — **Finsterwalder**: Vektoranalysis; Geometrisches Seminar für Anfänger mit Zeichen- und Modellierübungen für Studierende der Mathematik, 2. —

Akademie Münster.

Hittorf: Liest nicht. — **Heydweiller**: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Wärmelehre, 4; Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, 2; Physikalische Übungen, 3 oder 6; Wissenschaftliche Untersuchungen im physikalischen Institut, tägl.; Physikalisches und physikalisch-chemisches Kolloquium, 2 *g*. —

Salkowski: Organische Chemie I, 4; Die Leichtmetalle, 2 *g*; Praktische Übungen und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, 30. — **König**: Analytische Chemie: Metalloide, 1; Hygiene, 2 *g*; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium; 39 *g*. — **Kassner**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, mit Demonstrationen und Experimenten, 4; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Glasindustrie und Keramik, 1; Pharmazeutisch-chemische und toxikologische Übungen im Laboratorium; Darstellung chemischer Präparate, 35; Toxikologie, 1 *g*. — **Reinganum**: Grundzüge der physikalischen Chemie, 2. —

Killing: Analytische Geometrie I, 3, Übungen, 1 *g*. — Analytische Mechanik I, 4; Variationsrechnung, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Einleitung in die Differentialgeometrie, 4; Übungen des mathematischen Unterseminars, 1 *g*. — **Dehn**: Funktionentheorie, 4; Übungen zur darstellenden Geometrie, 1 *g*. —

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik II, mit Berücksichtigung der Mediziner, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl. *g*. — **v. Geitler**: Physikalisches Praktikum II, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Theorie des Wechselstromes, 1. — **Lippich**: Gastheorie, 3; Theorie der Kapillarität, 2. — **Spitaler**: Allgemeine Meteorologie III: Hydrometeore und Wetterprognose, 2; Kosmische Spektralanalyse, 2. —

Goldschmiedt: Organische Chemie für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen, ganztägig (für Mediziner, halbtägig), tägl. ausser Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend, *g*. — **Gintl**: Anleitung zur Ausführung gerichtlich-chemischer Untersuchungen mit praktischen Übungen, für Lebensmittel-Chemiker, 4. — **Brunner**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 3. — **v. Garzarolli**: Massanalyse mit Demonstrationen, 2; Nachweis anorganischer Gifte. 1. — **Meyer**: Stereochemie, 1. — **Kirpal**: Chemische Tagesfragen, 1. —

Pick: Algebraische Gleichungen, 3; Algebraische Funktionen (Fortsetzung), 2. — **Gmeiner**: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 4; Einleitung in die Theorie der Funktionen komplexer Veränderlicher, 1. — **Weinek**: Theorie der astronomischen Instrumente I, 3; Praktisches Beobachten, 2; Über Finsternisse und Sternbedeckungen, 1. — **Oppenheim**: Elemente der Mondbewegung, 2. —

Technische Hochschule Prag.

v. Geitler: Physik: Wellentheorie, Akustik, Optik, 5; Optische Instrumente, Spektralanalyse, Sacharimeter, 2. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik: Elektromotoren für Gleich- und Wechselströme, elektrische Bahnen, 2; Spezielle Elektrotechnik: Elektrische Centralen für Beleuchtung und Kraftübertragung, Berechnung der Leitungsnetze, 2; Ausgewählte Kapitel der Wechselstromelektrotechnik, 1. — **Pichl**: Klimatologisches Praktikum, 1. — **Doerfel**: Maschinenlehre: Dampfmaschinen, Dampfkessel, hydraulische Motoren, 5, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenlehre: Ausgewählte Kapitel, 2; Maschinenbau II, 2, Konstruktionsübungen, 4. — **Stark**: Materialienlehre, 1; Encyklopädie der Mechanik I, 2; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2; Mechanik II: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 4, Repetitorium, 1, III: Hydrostatik und Hydraulik, 3. — **Schiebel**: Maschinenbau 1 und 2, Konstruktive Übungen, 4, II, 2, Konstruktionsübgn., 7; Allgemeine Maschinenkunde, 3. — **Baudiss**: Maschinenbau II, 4, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenbau, ausgewählte Kapitel, 2.

Gintl: Allgemeine Experimentalchemie, spezielle Chemie der Elemente II, 5; Praktische Übungen in der Ausführung chemischer Operationen und Darstellung von Präparaten, 6; Analytische Chemie (qualitative), Repetitorium, 2; Analytische Chemie (quantitative), 2, Übungen, 24; Spezielle Kapitel der organischen Chemie, 1; Praktische Photographie und Übgn.; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen für Geübtere (mit Storch); Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 3, Übungen, 6. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Massanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie: Elektrochemie, 3; Theorie der cyklischen Verbindungen, 2. — **Czapek**: Agrikulturchemie, 3. —

Weiss: Mathematik I, 6, Repetitorium, 2; Elemente der höheren Mathematik, 2, Repetitorium, 1; Übungen aus der Integralrechnung, 1; Analytische Mechanik, 2. — **Grünwald**: Mathematik II (Fortsetzung), 3, Repetitorium, 1; Differentialgleichungen und deren Anwendung auf Geometrie und Mechanik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 8; Das Nullsystem und der lineare Komplex, 1; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden Geometrie, 1. — **Ruth**: Elemente der niederen Geodäsie, Übungen, 2; Niedere Geodäsie I, Übungen, 2, II, $4^1/_2$, Übungen, 4; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik 2, Übungen, 2; Geodätisches Rechnen, Übungen, 2. —

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Mechanik, Optik, 5; Mathematische Geographie und populäre

Astronomie, 2; Physikalisches Seminar, 2; Kleines physikalisches Praktikum für Mathematiker, Mediziner, Chemiker und Pharmazeuten, 12; Grosses physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Wachsmuth), tägl. — **Wachsmuth**: Elektromagnetische Lichttheorie, 3; Einleitung in das physikalische Praktikum mit Demonstrationen, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Kümmell), 14tägg., 2. —

Michaelis: Anorganische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium: a) Grosses Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, für Nahrungsmittelchemiker, 2. — **Heinrich**: Ausgewählte Kapitel aus der Agrikulturchemie, 2, Agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Stoermer**: Massanalyse, 1; Aromatische Verbindungen, 4; Methodik der organischen Synthese, 3. — **Kümmell**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen für Anfänger, 3; Elektrochemische Analysen und Präparate, 3; Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Kunckell**: Massanalytische Bestimmungen des Deutschen Arzneibuches in Verbindung mit einem Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 2. —

Staude: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Theorie der analytischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. —

Universität Strassburg.

Braun: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, 35; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Cohn**: Elektrizität und Magnetismus, 4. — **Cantor**: Praktische Übungen in der physikalischen Chemie, 4. — **Zenneck**: Elektromagnetische Schwingungen (experimentell) I: Langsame Schwingungen (Wechsel- und Drehströme), 1. — **Hergesell**: Die Wärmeverhältnisse des Erdkörpers, 2; Meteorologische Übungen im meteorologischen Institut, *g*. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, organischer Teil, 5; Chemische Übungen und Untersuchungen im Laboratorium (mit Rose), tägl. ausser Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der leichten Metalle, 5; Analytische Chemie, 4. — **Erlenmeyer**: Stereochemie, 1; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere (mit Kreutz), tägl. — **Köhl**: Cyklische Verbindungen des Steinkohlenteers II, 2. — **Kreutz**: Untersuchungsmethoden der alkoholischen Getränke, 1; Anleitung zur chemischen Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, 3. — **Schär**: Pharmazeutische Chemie, 5; Übungen und Untersuchungen im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. ausser Sonnabend; Pharmakognostisches Praktikum, 4; Grundzüge der physiologischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Die ätherischen Öle und Kampherarten in pharmazeutisch-chemischer Beziehung, 1 *g*. —

Roth: Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen 2 *g*; Analytische Geometrie der Ebene, 3. — **Kraser**: Bestimmte Integrale, 3; Einleitung in die Funktionentheorie, 3; Determinanten, 2; Übungen des mathematischen Seminars (untere Abteilung), 1. — **Reye**: Einleitung in die synthetische Geometrie, 2; Technische Mechanik, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Weber**: Variationsrechnung, 4; Encyklopädie der Elementarmathematik, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein), $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Timerding**: Theorien von Ebbe und Flut, 2. — **Wellstein**: Ausgewählte Kapitel der angewandten Mathematik, 2 *g*; Arithmetische Theorie der algebraischen Funktionen, 2. — **Becker**: Niedere Geodäsie, 4; Das Meridianinstrument und seine Aufgaben in der neueren Astronomie, 1; Seminaristische Übungen (Kolloquium), *g*; Astronomische Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte, nach Verabredung. — **Wislicenus**: Theoretische Photometrie, 1; Photogrammetrie, 1; Besprechung der neuesten litterarischen Erscheinungen auf astronomischem Gebiete, 1 *g*. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Praktikum I, halbtägg. ausser Sonnabend, II, tägl.; Theoretische Physik, 2. — **Englisch**: Theoretische Photographie (chemischer Teil), 1—2; Anleitung zum Photographieren, 1. — **v. Weyrauch**: Aërostatik und Aërodynamik, 2; Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Lehramtskandidaten, 2. — **Berg**: Maschinenzeichnen, 12; Pumpen, 2. — **Ernst**: Maschinenelemente, 2; Hebezeuge, 3, Übungen, 6. — **Thomann**: Wassermotoren, 6; Maschinenkonstruktionen, 8; Turbinen-Regulatoren, 1; Maschinenkunde, 4, Übungen. — **Bantlin**: Dampfkessel, 3; Maschinenkonstruktionen, 10. — **v. Bach**: Materialprüfungsanstalt, Vortrag und Übungen; Ingenieurlaboratorium, Übungen; Erörterungen für Maschineningenieure, 1. — **Ensslin**: Kältemaschinen, 2; Aus der angewandten Elastizitätslehre, 2. — **Veesenmeyer**: Die elektrischen Bahnen, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 8; Projektierung elektrischer Anlagen, 2. — **Herrmann**: Die Elektrizitätswerke einschliesslich der Leitungen, 2; Elektrotechnische Messkunde I, 2. — **Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 2; Elektrotechnische Messkunde II, 1; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium: Praktikum I für Anfänger an 4 halben Tagen, Praktikum II (mit Herrmann), tägl. ausser Sonnabend; Elektrotechnisches Seminar (mit Veesenmeyer und Herrmann), 1. — **Widmaier**: Allgemeine mechanische Technologie (Verarbeitung der Faserstoffe), 5; Werkzeugmaschinen, 3. — **Johannsen**: Appretur und Veredelung, 1 *g*. —

Hell: Allgemeine Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für allgemeine Chemie (mit Kehrer), tägl. ausser Sonnabend; Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2. — **Kehrer**: Analytische Chemie, 2. — **O. Schmidt**: Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Kauffmann**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Physikalische Chemie, 1; Kolloquium über organische Chemie, 2. — **J. Schmidt**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Chemie, 1; Chemisch-technische Analyse, 1. — **Spindler**: Physiologisch-chemische Analyse, 2. — **Philip**: Technische und Handelsanalysen organischer Produkte, 1. — **Häussermann**: Technische Chemie, 2; Chemische Technologie der Baumaterialien, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie, tägl. ausser Sonnabend; Metallurgie, 1; Elektrochemie, 1—2. —

N. N.: Trigonometrische Übungen, 2. — **Roth**: Mathematische Geographie, 2. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 2. — **Reuschle**: Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar (mit Mehmke), 1. — **Wölffing**: Funktionentheorie, 3; Reihen, 1 *g*. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Reine Mechanik, 3, Übungen, 1. — **Göller**: Perspektive, 2. — **Autenrieth**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 6. — **Hammer**: Praktische Geometrie II, 4, Übungen I, 16; II, 5; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Übungen, 2; Astronomische Zeit- und Ortsbestimmung, 2, Übungen, 1. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik I: Mechanik und Optik, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3, Übungen, 2; Populäre Astronomie, 2. —

v. Hüfner: Ausgewählte Kapitel aus der physiologischen Chemie, 2; Praktisch-chemische Übungen für Mediziner (mit Küster) I: Qualitative Analyse, 9, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **v. Pechmann**: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen, tägl. ausser Sonnabend, a) für Anorganiker (mit Paul) mit Kursus für Anfänger, ganz- und halbtägig, b) für Organiker (mit Bülow), ganztägig; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl. — **Paul**: Analytische Chemie II, 3; Pharmazeutische Chemie (anorganischer Teil), 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Elektrochemisches Praktikum, 3. — **Bülow**: Chemie der mehrkernigen und heterocyklischen aromatischen Verbindungen, 2; Die deutsche chemische Industrie, 1. — **Küster**: Chemie der Kohlehydrate, 1; Repetitorium der Chemie, 2; Praktisch-chemische Übungen mit medizinisch wichtigen organischen Stoffen, 2 bis 3. — **Wedekind**: Beurlaubt. — **Dimroth**: Die Chemie der natürlichen organischen Farbstoffe, 1. —

v. Brill: Analytische Mechanik, 5; Ausgewählte Abschnitte aus der Theorie der Raumkurven und Flächen, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Stahl**: Niedere Analysis, 3; Funktionentheorie, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis, 4, Übungen, 2; Invariantentheorie der Binärformen, 2. —

Universität Wien.

v. Lang: Experimentalphysik für Philosophen und Mediziner I, 4; Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 5; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium, 1 *g*. — **Jäger**: Elemente der theoretischen Physik II: Wärme, 3; Elastizitätstheorie, 2. — **Moser**: Experimentalphysik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektrizität und Optik), 3; Physikalische Bedeutung mathematischer Begriffe für Hörer der Medizin und der Philosophie, 2; Demonstrationen und Übungen an und mit physikalischen Apparaten als Ergänzung der Experimentalvorlesung, 1. — **Lampa**: Spezielle Probleme aus der Theorie der elektromagnetischen Schwingungen, 2. — **Benndorf**: Elektrostatik, 1; Übungen im physikalischen Rechnen, 2. — **Meyer**: Experimente zur Akustik, 1. — **Hasenöhrl**: Theorie der Strahlung, 2. — **Mache**: Fourier'sche Reihen und deren Anwendung auf physikalische Probleme, 2. — **Hann**: Allgemeine Klimatologie II: Übersicht über die grossen Klimagebiete der Erde, 2; Grundzüge der Ozeanographie II, $1^1/_2$; Einführung in die Berechnung meteorologischer Beobachtungen, $1^1/_2$. — **Pernter**: Meteorologische Instrumentenkunde und Übungen an der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus, 3. — **Trabert**: Wird nicht lesen. — **v. Schweidler**: Wird nicht lesen. —

Lieben: Experimentalchemie II: Organische Chemie (mit Berücksichtigung auch medizinischer Hörer); 5; Chemische Übgn. für Anfänger, tägl. ausser Sonnabend, für Mediziner, 4; Arbeiten im chemischen Laboratorium. für Vorgeschrittene, tägl. — **Lippmann**: Organische Chemie II: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. ausser Sonnabend; Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5; Analytische Chemie (quantitativer Teil), 2; Über Titriermethoden, 1. — **Wegscheider**: Repetitorium der analytischen Chemie für Pharmazeuten, 1; Thermodynamik des chemischen Gleichgewichtes, 2. — **Fossek**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie für Pharmazeuten, 1. — **Blau**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen und organischen Chemie, 1. — **Pomeranz**: Theoretische Chemie, 2. — **Franke**: Anleitung zur chemischen Analyse (im Anschlusse an die chemischen Übungen für Mediziner), 1. — **Pollak**: Chemie der organischen Farbstoffe II: Natürliche Farbstoffe, 2; Chemische Technologie der Gespinstfasern, 1. — **Wenzel**: Anorganische Technologie (Kalk-, Glas- und Thonindustrie), 1. — **Zeisel, Schacherl u. Vortmann**: Werden nicht lesen. —

v. Escherich: Funktionentheorie, 5; Proseminar für Mathematik, 1; Seminar für Mathematik, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Gegenbauer**: Elemente der Differential- und Integralrechnung (unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Naturhistoriker, Physiker, Mediziner und Versicherungstechniker, II), 5, Übungen, 2 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 1; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Mertens**: Algebra (Fortsetzung), 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2; Übungen im mathematischen Proseminar, 1; Mathematische Statistik, 3. — **Kohn**: Analytische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Ebene algebraische Kurven, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik (Fortsetzung), 3, Übgn., 2 *g*. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Zsigmondy**: Flächen zweiter Ordnung, 1. — **Daublebsky v. Sterneck**: Zahlentheorie, 4. — **Carda**: Anwendungen der Gruppentheorie auf Integrationsprobleme und Infinitesimalgeometrie, 1. — **Weiss**: Theoretische Astronomie, 4. — **v. Hepperger**: Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Astrophysik, 2. — **Schram**: Zeitrechnung und Jahrform verschiedener Völker und Umrechnung von Daten (mit besonderer Rücksicht auf Historiker), 2. — **Hillebrand**: Mechanik des Himmels (Fortsetzung), 2. — **Hartl**: Kartographie mit Konstruktionsübungen, 4. —

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik, 5; Physik für Chemiker, 2, Übungen, 1. — **Hochenegg**: Elektrotechnik, 4, praktische Übungen und Untersuchungen, 4. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis, 3. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahnsignalwesen, 2. — **Liznar**: Erdmagnetismus, 2. — **Strache**: Beleuchtungswesen, 2. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre, 4. — **v. Radinger**: Maschinenbau I, 5, Konstruktionsübungen, 13. — **v. Hauffe**: Maschinenbau II, 5, Konstruktionsübungen, 15. — **Englaender**: Allgemeine Maschinenkunde, 3. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung und sonstige gesundheitstechnische Ausbildung von Wohn-, Fabriks- und öffentlichen Gebäuden, 3 — **v. Stockert**: Eisenbahnmaschinendienst, 3. — **Kick**: Mechanische Technologie II, 5. —

Bauer: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5, Übungen, 20. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **Wegscheider**: Chemische Dynamik und theoretische Elektrochemie, 1. — **Paweck**: Elektrochemie, 3. — **Lippmann**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Suida**: Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 2. — **Bamberger**: Agrikulturchemie, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie, 1. — **Oser**: Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 5, Übungen, 20. — **v. Perger**: Chemische Technologie der organischen Stoffe, 5, Übungen, 20. — **v. Höhnel**: Technische Warenkunde, 2, Übungen, $1^1/_2$. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. —

Allé: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5; Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 2. — **Sersawy**: Versicherungsmathematik I, 3, II, 4. — **Daublebsky v. Sterneck**: Kreisteilung, 1. — **N. N.**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktives Zeichnen, 6. — **Schell**: Elemente der niederen Geodäsie, praktische Übungen, 5; Praktische Geometrie, $7^1/_2$, praktische Übungen, 5; Situationszeichnen für die Hörer der Bauingenieurschule, 3, des geodätischen Kurses, 4; Photogrammetrie, $1^1/_2$. — **Tinter**: Höhere Geodäsie II, 3; Übgn. im Beobachten und Rechnen, $2^1/_2$; Geodätische Rechenübgn., $2^1/_2$; Das geometrische Präzisionsnivellement, $1^1/_2$. —

Universität Würzburg.

W. Wien: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum, 4 resp. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Des Coudres**: Thermodynamik, 3; Kinetische Theorie der Gase und Lösungen, 2 *g*. —

Hantzsch: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wislicenus), ganz- und halbtägig, tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Wislicenus), 4; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Wislicenus und Tafel), tägl. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halbtägig; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, ganz- und halbtägig. — **Wislicenus**: Massanalyse, 2; Ergänzende Vorträge zum Medizinerpraktikum, 1 *g*. — **Tafel**: Chemische Theorien, 2. — **Reitzenstein**: Über organische Farbstoffe, 2. — **Ley**: Theorie der Lösungen, 2; Über Salze und Metallverbindungen, 1. — **Seitz**: Elektrizitätsleitung der Gase, 2. —

Prym: Integralrechnung, 6, Übungen, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2 *g*. — **Voss**: Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4; Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik, 2 *g*. — **Selling**: Sphärische Astronomie, 2. — **Rost**: Darstellende Geometrie II, 4; Anwendungen der Infinitesimalanalysis auf Geometrie, 4 *g*.

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Theoretische Optik (Fortsetzung), 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Schaufelberger**: Elemente der Elektrotechnik, 2; Kapillarität, 1. —

Werner: Organische Experimentalchemie, 5; Organische Chemie III; Stereochemie, 2; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgeschrittene (präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten), tägl.; Elektrochemische Übungen, 2 Nachmittage *g*; Technisch-chemisches Praktikum, *g*; Chemisches Halbpraktikum

(für Studierende der Naturwissenschaften), halbtägl. — **Abeljans**: Quantitative chemische Analyse mit Berücksichtigung der elektrolytischen Methoden, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Metalle, 1 *g*; Anleitung zu medizinisch-chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemie und Untersuchung der wichtigsten Nahrungs- und Genussmittel, 1; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Anfänger und Vorgerücktere (Nichtchemiker), tägl., für Lehramtskandidaten, $2^1/_2$ Tage, für Studierende der Naturwissenschaften, 3 Tage. — **Schall**: Organische Elektrochemie, 1 bis 2. — **Pfeiffer**: Der Sauerstoff und seine Verbindungen, 1. —

Burkhardt: Algebraische Analysis, 4; Ausgewählte Fragen der Differential- und Integralrechnung, 2; Potentialtheorie, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Weiler**: Analytische Geometrie II, 3; Darstellende Geometrie II, 4; Kartenprojektionen, 2. — **Kraft**: Die Wissenschaft von den extensiven Grössen, 4. — **Gubler**: Gammafunktion und hypergeometrische Reihe, 2; Anleihens- und Versicherungsrechnung, 2; Inhalt und Methode des mathematischen Unterrichtes in der Mittelschule I, 2; Elementar-mathematische Übungen, 1 bis 2. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 9; Einleitung in die Physik des Himmels, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik, 2; Einführung in die Theorie des Wechselstroms, 2; Differentialgleichungen der Physik, 2; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 oder 24; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 oder 16. — **Weiss**: Physik I, 4, Repetitorium, 1; Cours d'acoustique théorique et expérimental, 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Travaux scientifiques dans les laboratoires de physique, 24. — **Schweitzer**: Besprechung von neuern physikalischen Arbeiten, 1; Transformatoren und Umformer, 1 *g*. — **Denzler**: Bau und Betrieb elektrischer Bahnen I, 2; Anleitung zum Projektieren elektrischer Anlagen mit ausgewählten Abschnitten über elektrische Technologie I, 2. — **Tobler**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Schwachstromtechnik (Fortsetzung), 1 *g*. — **Wyssling**: Elektrische Centralanlagen I, 2. — **Stodola**: Dampfmaschinen II, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren, 12; Gasmotoren (Fortsetzung), 1; Übungen in der kalorischen Abteilung, $^1/_2$ Tag. — **Prášil**: Hydraulische Motoren und Pumpen I, 2, Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen und Demonstrationen im Laboratorium, 3; Fabrikanlagen, 2; Übungen in der hydraulischen Abteilung, $^1/_2$ Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie I: Metallurgie, 4, Repetitorium, 1, II: Werkzeugmaschinen, Spinnerei, 3, Repetitorium, 1; Maschinenlehre, 4, Übungen, 4. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen I, 2. — **Fliegner**: Praktische Hydraulik, 2; Theoretische Maschinenlehre I (Einleitung), 2, Übungen, 2, III: Lokomotiven, 3, Übungen, 2. — **Herzog**: Mechanik I, 1, Repetitorium, 2, Übungen, 2. — **Meyer**: Maschinenzeichnen, 2, Übungen, 6; Skizzierübungen, 2; Maschinenbau: Transmissionen und Hebezeuge, 4, Repetitorium, 1; Maschinenkonstruieren und Demonstrationen, 9. — **Schüle**: Technologie des matériaux de construction, 3, Repetitorium, 1; Materialtechnisches Praktikum, 4; Eisenkonstruktionen (mit Repetitorium), 3. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4, Repetitorium, 1, Konstruktionsübgn., 4; Feuerungsanlagen, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photographisches Praktikum, 15; Photogrammetrie, 1. —

Bamberger: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 3, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum (mit Treadwell), 2 bezw. 4. — **Treadwell**: Analytische Chemie II, 2; Chemisch-technische Analyse mit Übungen, 4; Probierkunde mit Übgn., 2; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Bosshard**: Gärungsgewerbe (Brauerei und Spritfabrikation), 1. — **Constam**: Physikalische Chemie II, 1; Organische Elektrochemie, 1 *g*; Anwendungen physikalischer Methoden in der Chemie (mit Lorenz), $^1/_2$ Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum (mit Lorenz), tägl. — **Lorenz**: Technische Elektrochemie, 2; Elektrometallurgie 1; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 15. — **Gnehm**: Künstliche organische Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Nahrungsgewerbe, 2; Beleuchtungsindustrie, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Grete**: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden, 2 *g*. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Botanik II: Untersuchung von Nahrungsmitteln und Gewürzen, 2; Warenkunde, 2; Mikroskopische Übungen in der Nahrungsmittelkunde, 2 halbe Tage; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl. — **Lunge**: Anorganisch-chemische Technologie, 3, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Baumaterialien und Explosivstoffe, 2; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Schulze**: Organische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Agrikulturchemie II: Fütterungslehre, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 4 und 8; Agrikulturchemisches Praktikum für Vorgerücktere, 24. — **Winterstein**: Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratium, 1; Physiologische Chemie (ausgewählte Kapitel), 2. —

Hurwitz: Integralrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übgn., 2. — **Becker**: Planzeichnen, 2 bezw. 4; Kartenzeichnen, 3; Topographie, 2; Kroquieren, 1; Vermessungsübungen, 1 Tag; Vermessungsarbeiten a. Schluss des Sommersemesters, 2 Wochen. — **Beyel**: Schattenlehre, 2; Flächen zweiten Grades, 2. — **Decher**: Vermessungsübungen, 1 Tag; Vermessungsarbeiten am Schluss des Sommersemesters, 2 Wochen; Vermessungskunde, 5, Repetitorium, 1. — **W. Fiedler**: Darstellende Geometrie, 2, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Analytische Geometrie der Lage, 2. — **Franel**: Calcul intégral, 4, Répétition, 1, Exercices, 2. — **Geiser**: Invariantentheorie, 4; Infinitesimalgeometrie, 4. — **Hirsch**: Theorie der bestimmten Integrale, 2. — **Keller**: Repetition der darstellenden Geometrie (Axonometrie, Kollinkation, Kegel-, Rotations- und Schraubenflächen), 2; Übungen in Differential- und Integralrechnung, 2. — **Kraft**: Die Wissenschaft von den extensiven Grössen, 4. — **Lacombe**: Géométrie descriptive, 2, Répétition, 1, Exercices, 4; Mathematisches Seminar (mit **Minkowski**), 2. — **Minkowski**: Analytische Mechanik, 2; Partielle Differentialgleichungen, 4. — **Rebstein**: Ausgleichungsrechnung, 2, Repetitorium, 1, Übgn., 2; Katastervermessung und Güterzusammenlegung, 2, Repetitorium, 2; Die technischen Grundlagen der Invaliditäts-, Unfall- und Krankenversicherung, 2; Methode der kleinsten Quadrate, 1. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4; Geschichte des Problems von der Quadratur des Zirkels, 2. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Einleitung in die Physik des Himmels, 2. —

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An der Universität München wurde der Dr. phil. J. V. Kohlschütter als Privatdozent für Chemie, an der Technischen Hochschule Charlottenburg der ständige Assistent Dr. Hugo Simonis als Privatdozent für das Lehrfach der organischen Chemie und Dr. Oskar Fröhlich als Privatdozent für das Lehrfach der praktischen Elektrometallurgie und Elektrochemie aufgenommen.

Dem Geh. Hofrat Dr. Richard Dedekind, früher Professor der höheren Mathematik an der Technischen Hochschule zu Braunschweig, wurde aus Anlass seines 50jährigen Doktorjubiläums von der philosophischen Fakultät der Universität Strassburg zum Dr. honoris causa ernannt.

Professor Abbe, Gründer und Leiter der Carl Zeiss-Stiftung, verlässt Jena und siedelt nach Lugano über.

Der Privatdozent für Physik an der Universität Erlangen Dr. E. Müller ist am 16. März in München gestorben.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich (i. V.) Dr. E. Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 14. | 15. April 1902. Redaktionsschluss für No. 15 am 23. April 1902. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Beschreibung des Verfahrens zur Gewinnung vorübergehend radioaktiver Stoffe aus der atmosphärischen Luft.

Von J. Elster und H. Geitel.

Die folgende Mitteilung hat den Zweck, das Verfahren möglichst genau zu beschreiben, durch das vorübergehend radioaktive Oberflächenschichten auf beliebigen der Luft ausgesetzten Leitern hergestellt werden können.

Man bedarf bei diesen Versuchen zunächst eines Körpers, dem die induzierte Aktivität mitgeteilt werden soll und der an gut isolierenden Stützen befestigt sein muss, ferner einer Elektrizitätsquelle, die ihn, auch bei beträchtlichem Leitungsverluste an die Luft, andauernd auf negativem Potential von einigen Tausend Volt erhält und schliesslich zur Prüfung seines aktiven Zustandes eines Apparats zur Bestimmung der durch ihn bewirkten Ionisierung einer begrenzten Luftmenge, oder einer photographischen Anordnung zum Nachweis der. von ihm ausgesandten Becquerelstrahlen.

Die zweckmässigste Form des zu aktivierenden Leiters ist die des Drahtes oder Fadens, da die elektrische Dichtigkeit auf seiner Oberfläche alsdann schon bei niedrigem Potentialniveau verhältnismässig hoch ist. Hierzu kommt der weitere Vorteil, dass Drähte sowohl im Freien wie in geschlossenen Räumen leicht so ausgespannt werden können, dass der verfügbare Raum nach Möglichkeit ausgenutzt, d. h. von möglichst vielen, von den Drähten ausgehenden Kraftlinien erfüllt wird. Schliesslich lässt sich in gleicher Weise, wie E. Rutherford bei der durch Thorium induzierten Strahlung gefunden hat, die aktive Oberflächenschicht eines Drahtes durch einfaches Abreiben auf andere Stoffe, wie Leder, Watte u. dergl. übertragen und dadurch in konzentrierter Form zu bestimmten — besonders photographischen — Versuchen geeignet machen.

Die chemische Natur des Drahtes ist, solange man die Aktivität an ihm selbst untersuchen will, wie es scheint, von keinem bestimmenden Einflusse, wenigstens haben wir bei zwei so verschiedenen Materialien, wie Blei und Aluminium, bei Anwendung gleichlanger Drähte und gleicher Ladungsbedingungen keinen Unterschied in der Aktivierung erhalten. Will man dagegen die an der Oberfläche gebildete Masse durch Abreiben sammeln, so ist solches Material vorzuziehen, das durch mechanische oder bestimmte chemische Mittel leicht angegriffen wird. So benutzten wir vielfach Kupferdrähte, deren wirksame Oberflächenschicht fast vollständig an einen mit Salzsäure oder Ammoniakflüssigkeit getränkten Lederlappen abgegeben wird. Lästig bei diesem Verfahren war die Notwendigkeit, die Salzsäure oder das Ammoniak vor der Anstellung der eigentlichen Versuche durch Hitze zu verjagen, wir haben deshalb in letzter Zeit Aluminiumdraht vorgezogen, der unter kräftigem Drucke mit trocknem, glattem Leder gerieben, seine äusserste Schicht in Gestalt graphitglänzender Striche auf diesem zurücklässt. (Wir hatten indessen noch keine Gelegenheit, uns zu vergewissern, ob nicht in hellem Sonnenscheine die an Aluminium sehr bedeutende photoelektrische Entladung den Aktivierungsprozess beeinflusst.)

Je länger der Draht genommen wird, um so leichter ist im allgemeinen der Nachweis der von ihm erworbenen Aktivität; in schlecht leitender Luft, also an Nebeltagen im Freien und im Bereiche grosser Städte, wo nur eine geringe Aktivierung zu erwarten ist, verwendet man daher zweckmässig grosse Längen (bis etwa 60 m); ist die Luft rein oder macht man die Versuche in weiten Kellern oder in Höhlen, in denen die Elektrizitätszerstreuung, d. h. die Anzahl der pro Zeit und Volumeinheit entstehenden Ionen abnorm hoch ist, so wird man mit Drahtlängen von etwa 10 m ausreichen. Die Dicke des Drahtes wählt man zwischen 0,3 bis 0,5 mm, so dass er einerseits auch in grossen Längen leicht aufzuwickeln, andrerseits widerstandsfähig genug ist, um bei dem Abreiben nicht zu zerreissen.

Da die Aktivierung des Drahtes von dem durch die Leitfähigkeit der Luft bewirkten Ladungsverluste abhängt und dieser im Freien und in grossen Räumen bis zu einem gewissen Grade mit der Dichtigkeit der Ladung wächst, so ist, um diese unter den gegebenen Verhältnissen möglichst hoch treiben zu können, eine gute Beschaffenheit der isolierenden Stützen erforderlich.

Bei Versuchen im Sommer bei trockenem Wetter und am Tage hat man keine Schwierigkeit, es genügen als Isoliervorrichtungen kleine an den entgegengesetzten Enden von Siegellackstückchen eingeschmolzene Metallhaken, die durch etwa 4 cm Siegellack voneinander getrennt sind. Der eine Haken dient zur Befestigung an Stangen, Mauern etc., der andere zum Einhängen des zu isolierenden Drahtes. Will man diesen dagegen auch zur Nachtzeit oder bei regnerischem Wetter geladen erhalten oder ihn gar in Höhlen und Kellerräumen exponieren, so versagen die Siegellackisolatoren sehr bald.

Für diesen Zweck konstruierten wir daher Isolierhaken mit Natriumtrocknung, deren Einrichtung aus der Figur 1 hervorgeht. *AB* ist

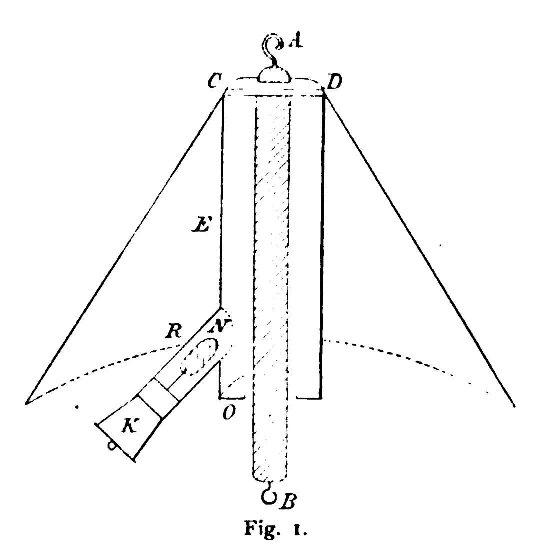


Fig. 1.

ein mit Schellackfirnis bestrichenes Ebonitstäbchen, das durch die kreisförmige Metallplatte *CD* geführt ist. Diese wird durch ein Schraubengewinde auf dem Metallcylinder *E* befestigt, aus dessen unterer verengter Öffnung *O* das Ebonitstäbchen frei hervorragt. Bei *A* wie *B* sind Haken eingelassen; der erstere dient zum Anhängen an geeignete Gegenstände, der zweite trägt den zu isolierenden Draht. *R* ist ein Seitenrohr, verschliessbar durch den Gummistopfen *K* mit eingesteckter Nadel *N*. Beim Gebrauche wird bei *N* ein kleines Stückchen metallischen Natriums aufgespiesst und in das Seitenrohr eingeführt. Dadurch wird auch bei hoher Luftfeuchtigkeit der Cylinder im Inneren so ausgetrocknet, dass das Ebonit seine Isolationsfähigkeit behält. Ein an die Platte *CD* angesetzter, nach unten kegelförmig sich erweiternder Mantel aus Metallblech schützt das Ganze vor fallenden Tropfen und herabsickernder Feuchtigkeit.

Das Natrium darf nicht länger als 24 bis höchstens 48 Stunden in dem Seitentubus belassen werden, ohne dass die entstandene Masse von Ätznatron beseitigt wird. Man zieht, wenn der Versuch noch fortgesetzt werden soll, den Gummistopfen mit dem Natriumstückchen heraus, wischt mit etwas Fliesspapier die im Tubus angesammelte Lauge heraus, reibt das Natrium mit demselben Papier ab und setzt es mittels des Stopfens wieder in seine alte Lage ein. Auf keinen Fall darf das Natrium nach Beendigung des Versuches in dem Isolator verbleiben, die entstehende Natronlauge würde zu dem Ebonit dringen und die Isolation seiner Oberfläche zerstören. Mit Hilfe der beschriebenen Vorrichtung lässt sich auch unter den ungünstigsten Umständen der Elektrizitätsverlust durch die Stützen so klein machen, dass er mit dem durch die Luft bewirkten vergleichbar

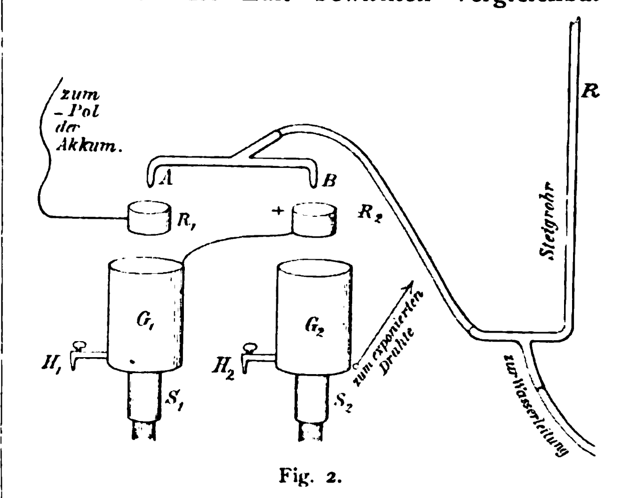


Fig. 2.

bleibt. — Indessen erfordert in der wärmeren Jahreszeit die Thätigkeit der Spinnen einige Aufmerksamkeit, die von dem isolierten Drahte Fäden nach benachbarten Leitern ziehen. Im Sonnenschein schaden diese Fäden nicht viel, des Nachts und bei trübem Wetter werden sie dagegen merklich leitend. Man kann sich nur durch sorgfältiges Überwachen des Drahtes und wiederholtes Absengen mittels einer Alkoholflamme dagegen schützen.

Als sehr bequeme Elektrizitätsquelle verwandten wir in vielen Fällen eine Art von Wasserinfluenzmaschine, bestehend aus einer Kombination zweier Thomsonscher Waterdropper[1]) (Fig. 2). Von der Wasserleitung führt ein Schlauch

1) Vor längerer Zeit von uns beschrieben. Wied. Ann. **25**, 114, 1885.

zu einem T-Rohr, dessen einer Schenkel mit dem Steigerohr R in Verbindung steht, während der andere in ein zweites T-Rohr mit den feinen Ausflussöffnungen A und B endigt. Die bei A und B austretenden Strahlen passieren die beiden Metallringe R_1 und R_2, innerhalb deren sie sich in Tropfen auflösen, und fallen in die darunter stehenden isolierten Gefässe G_1 und G_2. Der Ring R_1 wird durch eine Trockensäule auf negativem Potential gehalten (20—30 Volt sind genügend), R_2 ist metallisch mit G_1 verbunden. In leicht verständlicher Weise wird durch den Tropfenfall G_1 positiv, G_2 daher negativ geladen und zwar mit stetig wachsender Dichtigkeit, bis durch elektrostatische Abstossung die fallenden Tropfen von den Auffangegefässen soweit abgelenkt werden, dass sie nicht mehr hineingelangen. Dann ist der Grenzwert der Ladung erreicht und man kann dem Gefässe G_2 in kleinen Pausen Funken von 2—3 mm Länge entziehen. Wir stellen nun die leitende Verbindung dieses Gefässes mit dem zu aktivierenden isoliert ausgespannten Drahte her. Um das schliessliche Überfliessen der Gefässe G_1 und G_2 zu vermeiden, lässt man die beiden Ablasshähne H_1 und H_2 dauernd offen; von Zeit zu Zeit entleert sich aus ihnen die angesammelte Wasser-

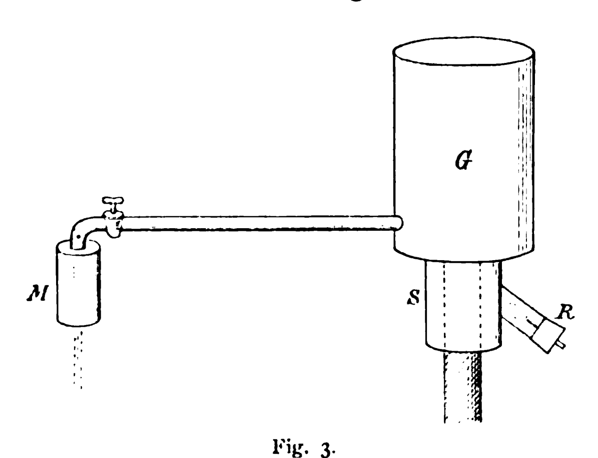


Fig. 3.

menge in eine tief darunter gesetzte Abflussrinne. Zweckmässig umgiebt man die Hahnöffnungen mit einer cylindrischen Metallhülle M so, dass die Auflösung des ausfliessenden Strahles in Tropfen im Innern dieser Hülle stattfindet, freie Elektrizität also durch die fallenden Tropfen nicht mitgeführt werden kann (Fig. 3). Diese Influenzmaschine hat den Vorteil, dass sie ohne Wartung beliebige lange Zeit im Betriebe gehalten werden kann; selbst eine plötzliche Zunahme des Wasserdrucks wird durch das Steigerohr unschädlich gemacht, aus dem das Wasser alsdann in die Abflussrinne hinabfällt. Bei längerem Gebrauch und hoher Luftfeuchtigkeit leidet indessen leicht die Isolation der Stützen, von denen die Gefässe G_1 und G_2 getragen werden; auch hier kann durch Anbringen eines Seitentubus zum Einführen von Natrium an die die Ebonitträger umgebenden Schutzröhren S in der in Fig. 3 dargestellten Weise Abhilfe geschafft werden.

Mit gleichem Erfolge, wie diese Wasserinfluenzmaschine, lässt sich auch ein kleines Induktorium von etwa 2—3 cm Funkenlänge mit sicherfunktionierendem Unterbrecher verwenden. Man leitet den positiven Pol (für den Öffnungsstrom) zur Erde ab und verbindet durch einen Draht den negativen mit der isoliert aufgestellten Metallplatte P (Fig. 4). An der Kugel K einer

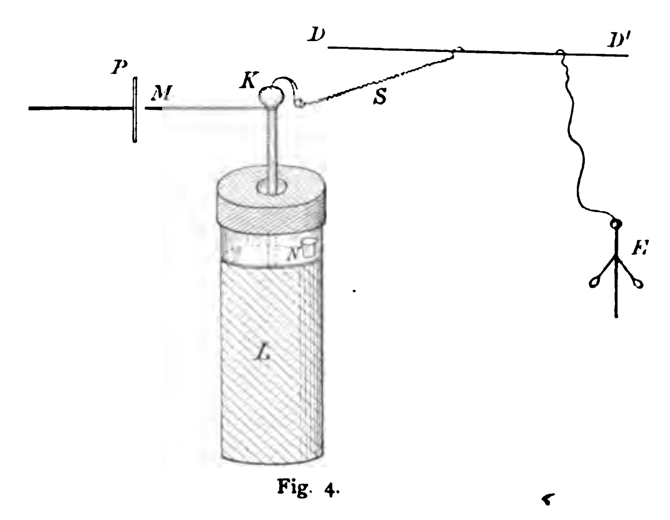


Fig. 4.

Leydnerflasche L von solcher Kapazität, dass sie die Schlagweite des Induktoriums auf etwa 4 mm herabsetzen würde, befestigt man eine feine metallische Spitze M, die der Platte P bis auf einige Millimeter gegenübergestellt wird. Zwischen Spitze und Platte treten während der Thätigkeit des Induktoriums Büschel und Funken auf, durch die die Flasche sich ladet. Ein Halbleiter S (feuchte Schnur) stellt die Verbindung der Flasche mit dem zu exponierenden Drahte DD_1 her, dessen Potential mittels eines Elektroskops E kontrolliert wird. Letzteres ist entweder nach dem Braunschen Prinzip gebaut und für einen Messbereich von 1000—5000 Volt eingerichtet oder die Form ist die von Exner angegebene, und die aus dickerer Aluminiumfolie geschnittenen Blättchen sind, wie in der Figur angedeutet, mit Korkscheibchen beschwert, um die Empfindlichkeit herabzusetzen. Die Stromstärke des das Induktorium erregenden Primärstromes ist so zu regulieren, dass der Ausschlag des Elektroskops eine willkürlich gewählte Grösse (etwa 4000—5000 Volt entsprechend) konstant beibehält.

Die Isolation der Flasche L wird durch folgende Einrichtung vollkommen erhalten. Der obere Rand ist durch einen Metalldeckel bis auf die centrale Öffnung verschlossen, durch die

der die Kugel K tragende Stab frei (in etwa 1 cm Abstand von der Peripherie der Öffnung) hindurchgeht. Der so gebildete Innenraum wird durch Natrium trocken gehalten. Ein kleines Becherglas N ist in seiner halben Höhe durch ein Stückchen Drahtnetz quergeteilt. Auf dies Netz wird ein etwa wallnussgrosses Stück Natrium gelegt; die von ihm abtropfende Lauge sammelt sich in dem Becherglase und kann von Zeit zu Zeit entfernt werden.

Zum Nachweis des radioaktiven Zustandes eines auf diese Weise 2—3 Stunden lang mit negativer Ladung der Luft ausgesetzt gewesenen Drahtes bedient man sich am einfachsten des von uns konstruierten Apparats zur Messung der Elektrizitätszerstreuung.[1]) Zu diesem Zwecke wird der Schutzcylinder Z (Fig. 5) auch unten durch eine abnehmbare, mit centraler Öffnung versehener Metallplatte D_2 geschlossen, durch deren Mitte der Stiel des Zerstreuungskörpers K frei hindurchgeht. In den so entstandenen kesselartigen Raum lässt sich ein oben und unten offener Cylinder von gleicher Höhe aus verzinktem Eisendrahtgeflecht so einschieben, dass er der Innenfläche von Z gut anliegt.

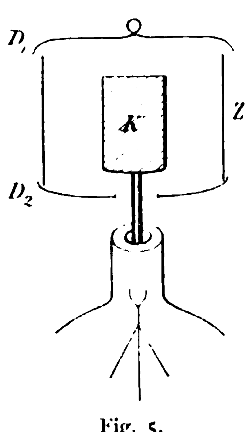


Fig. 5.

Auf diesen Cylinder aus Drahtgeflecht wird nun der exponierte Draht aufgewickelt und ohne Verzug, da die Aktivität schnell vorübergeht, in den Raum Z eingeführt, der alsdann durch den Deckel D_1 geschlossen wird. Erteilt man nun dem Cylinder K durch Berührung seines Stiels mit dem Pole einer Trockensäule eine dem Empfindlichkeitsbereiche des Elektroskops angepasste Ladung, so bemerkt man je nach dem Grade der Aktivierung des Drahtes ein mehr oder minder schnelles Zusammenfallen der Blättchen.

Um, besonders bei schwacher Wirkung, den durch die Einführung des Drahtes herbeigeführten Elektrizitätsverlust sicher feststellen zu können, bestimmt man zweckmässig vor dem Versuche die (sehr kleine) Abnahme des Potentials in Volt, die durch die normale Ionisierung der Luft im Zerstreuungsraume in einer gemessenen Zeit bewirkt wird und führt erst dann den exponierten Draht ein. Es ist notwendig, in dieser Reihenfolge zu verfahren, da bei stärkerer Aktivität des Drahtes die Wände des Zerstreuungsraumes selbst eine merkliche sekundäre Strahlung annehmen können, die zwar schnell vorübergeht, aber wenigstens anfangs den Spannungsverlust grösser als den normalen erscheinen lässt.

Da der von der Höhe der Ladung unabhängige Betrag, um den das Potential des Elektroskops infolge der Aktivierung des Drahtes in einer bestimmten Zeit abnimmt, der Länge des Drahtes proportional ist, so dividiert man, um vergleichbare Zahlen zu gewinnen, den etwa in 15′ gemessenen Spannungsabfall durch die Drahtlänge. Ein täglich dieselbe Zeit lang bei gleicher Ladung in freier Luft exponiertes Stück Platindraht von etwa 10 m Länge gab für diese

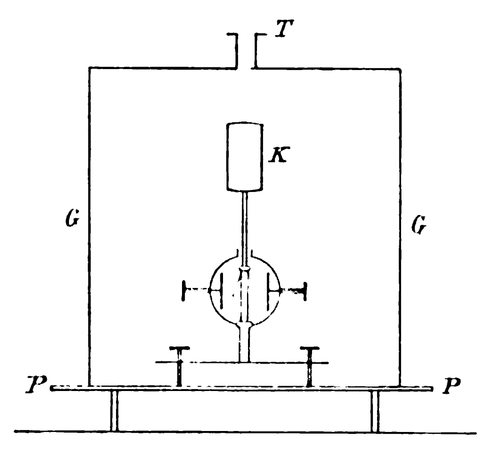


Fig. 6.

Aktivierung der Längeneinheit Zahlen, die von Tag zu Tag sehr erheblich verschieden waren. Wahrscheinlich wird daher die aktivierende Eigenschaft der Luft durch meteorologische, vielleicht auch durch andere noch unbekannte Bedingungen beeinflusst.

In der stagnierenden Luft von Kellern, die sich durch abnorme Leitfähigkeit auszeichnet, scheint die Aktivierung mit eben dieser Leitfähigkeit, die in bekannter Weise am Zerstreuungsapparat bestimmt werden kann, parallel zu laufen. Findet man (unter Anwendung des Schutzcylinders) Zerstreuungen von über 4 Proz. in solchen Räumen, so kann man Aktivierungszahlen (im obigen Maasse gemessen) von über 150 Volt erwarten, während man bei Versuchen im Freien zuweilen weniger als 13 Volt beobachtet.

Wir möchten neben diesen Versuchen an Drähten noch ein gänzlich verschiedenes Verfahren erwähnen, das wir anfangs zur Kontrolle

1) Vgl. diese Zeitschrift **1**, 11, 1899, oder Ann. d. Phys. **2**, 425, 1900 und Terrestrial Magnetism **4**, 213, 1899.

des soeben beschriebenen anwandten. Der Zerstreuungsapparat, ohne Schutzcylinder, wurde, wie es Fig. 6 darstellt, auf eine isolierte Metallplatte *PP* gesetzt, und mit einer Glocke *GG* aus dünnstem Aluminium, die oben bei *T* einen Tubus trägt, überdeckt. Durch den Tubus kann mittels einer eingeführten Sonde dem Zerstreuungskörper *K* eine elektrische Ladung erteilt werden.

Die Glocke stellten wir her, indem wir auf einen aus Drahtnetz gearbeiteten und oben bis auf den Tubus durch gleiches Material geschlossenen Cylinder einmal geschlagene Aluminiumfolie mittels eines Klebstoffes auflegten, so dass ein zwar nicht luftdicht schliessender, aber bis auf kleine Löcher in sich zusammenhängender Belag entstand. Durch eines von zwei einander diametral gegenüberliegenden Glasfensterchen konnte die Skala des Elektroskops abgelesen werden, während durch das andere Licht auf die Blättchen fiel.

Zunächst wurde (bei geschlossenem Tubus) der Spannungsverlust in 15′ bestimmt. Luden wir nun die Aluminiumglocke mehrere Stunden lang negativ bis zu einer Funkenschlagweite von 3—4 mm, so fand sich während dieser Zeit eine allmähliche Zunahme der Zerstreuung im Innern ein, die erst längere Zeit nach Ableitung der Glocke zur Erde wieder verschwand.

Es sendet demnach der auf der Aussenseite sich bildende radioaktive Überzug schon während das elektrische Feld besteht, in dem er erzeugt wird, Becquerelstrahlen nach der Seite des Metalls hin aus, die durch dieses in das Innere der Glocke eindringen.

Die Herstellung photographischer Eindrücke mittels der aus der Luft gewonnenen radioaktiven Substanzen ist wesentlich schwieriger, als der Nachweis ihrer Wirksamkeit am Elektroskop. Es liegt dies einerseits in ihrer vergleichsweise schwachen Strahlung, andererseits in deren rascher Abnahme in der Zeit begründet. So ist es uns nicht gelungen, deutliche Wirkungen allein von den aktivierten Drähten auf der photographischen Platte zu erhalten. Man muss, um solche zu erzielen, die strahlenaussendende Masse, die als äusserst dünne Oberflächenschicht über den Draht verbreitet ist, zuvor auf kleinem Raume konzentrieren. Es geschieht dies, wie oben schon bemerkt, durch Abreiben des Drahtes mit einem Lederlappen. Benetzt man diesen mit einigen Tropfen Ammoniakflüssigkeit, so nimmt er beim Reiben an Kupferdraht eine blauschwarze Färbung von Kupferoxydammoniak an; durch sehr starkes Erhitzen, bis zum Versengen des Leders, verjagt man so schnell als möglich das Ammoniak und die Feuchtigkeit.

Bei Aluminiumdrähten kann man, wie ebenfalls schon gesagt, die Anwendung chemischer Mittel ersparen. Die so präparierten, mit der Oberflächenschicht des aktivierten Metalls bedeckten Lederlappen zeigen nun am Elektroskop eine sehr lebhafte Aktivität, die vollständig mit der des Uranpecherzes, auf gleiche Oberfläche bezogen, vergleichbar ist; sie wirken auch durch opake Schichten hindurch photographisch.

Wir verfuhren zur Herstellung solcher Radiogramme in folgender Weise:

Eine hochempfindliche Schleussnerplatte wird, die Schichtseite nach oben, in lichtdichter Papierumhüllung mit einigen Blättern von Aluminiumfolie überdeckt. Auf die Aluminiumschicht legt man eine Bleiplatte von der Grösse der photographischen, in die eine charakteristische Figur eingelocht ist. Das Ganze wird durch zwei starke Gummibänder fest zusammengehalten.

Nun legt man einen aktivierten Lederlappen mit der Substanz nach unten auf die Löcher der Bleiplatte, und bedeckt ihn selbst auf der Rückseite mit einer ferneren Metallplatte der gleichen Grösse. Diese wird wiederum durch zwei Kautschukbänder mit dem darunter liegenden Paket zusammengehalten.

Da das erste Paar von Bändern die Bleischablone und die Schleussnerplatte in unverrückbarer Lage gegeneinander festhält, so kann man nach etwa 4 Stunden den inzwischen fast unwirksam gewordenen Lederlappen entfernen und durch einen frisch aktivierten ersetzen. Dies Verfahren lässt sich beliebig lange fortsetzen.

War ein Draht von etwa 20 m Länge in freier Luft aktiviert worden, so musste man zur Herstellung einigermassen kontrastreicher Bilder etwa 6—8mal frisch auflegen, während bei Exposition des Drahtes in einem Keller eine 3- bis 4malige Erneuerung des Lederlappens ausreichte. Der Draht blieb dabei andauernd geladen, nur während des Abreibens wurde die Influenzmaschine oder der Rhumkorff ausgeschaltet.

Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass die Einschiebung der Aluminiumschicht zwischen die aktive Substanz und die photographische Platte allein den Zweck hat, die letztere vor etwaigen direkten chemischen Einwirkungen zu schützen, die vielleicht von der Substanz aus durch das lichtdichte Papier hindurch erfolgen könnten. Verzichtet man auf diese Sicherheitsmassregel, so kann man auch die Bleiplatte entbehren und den aktivierten Lederlappen direkt auf das lichtdichte Papier auflegen, das die Platte umhüllt. Man erhält dann nach einmaligem Auflegen beim Entwickeln ein vollständiges Abbild aller der Streifen, die der Draht beim Abreiben auf dem Leder zurückgelassen hatte.

Es empfiehlt sich, dem Entwickler reichlich Bromkaliumlösung in der üblichen Konzentration 1 : 10 zuzusetzen, da die Platten umsomehr zu Schleierbildung neigen, je länger man das Auflegen frischer Substanz fortgesetzt

hat. Es scheinen also selbst Bleiplatten für diese Strahlengattung nicht durchaus undurchlässig zu sein.

Wolfenbüttel im März 1902.

(Eingegangen 13. März 1902.)

Nochmals über die Frage des durch die elektrische Konvektion erzeugten Magnetfeldes.[1])

Von A. Righi.

Der Verfasser giebt zunächst einen Überblick über den Gegenstand seines vor der Versammlung der italienischen Physiker gehaltenen Vortrages[2]) und erinnert an die Aufforderung, die er darin an die Mathematiker gerichtet hatte, das Problem „des elektromagnetischen Feldes, welches durch eine in gleichförmiger geradliniger Bewegung begriffene Ladung jenseits einer unbegrenzten leitenden Ebene erzeugt wird", zu studieren.

Dieser Spezialfall — so fährt er hierauf fort — bietet die einfachste und voraussichtlich am leichtesten zu lösende Aufgabe dar, und entfernt sich gleichzeitig nicht allzuweit von den thatsächlichen Versuchsbedingungen, so dass die Schlüsse, zu welchen man bei Behandlung desselben gelangen würde, auch wenn sie auf die in Rede stehende Frage nicht unmittelbar anzuwenden sein würden, doch sicherlich zur Klärung derselben beitragen könnten.

Das vorgeschlagene Problem hat nun durch Prof. Levi-Civita eine vollständige Lösung erfahren. Er benützte dazu, nachdem er die Hertzschen Gleichungen für den beabsichtigten Zweck als unzureichend erkannt hatte, die Gleichungen von Helmholtz, die, wie er selbst bereits gezeigt hatte, zu denjenigen von Hertz führen, falls man die Annahme macht, dass die Potentiale (elektrisches und Vektorpotential) sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Er erkannte sodann, dass die Ergebnisse dieselben bleiben, wenn man das Problem vermittelst der Maxwellschen Gleichungen angreift.

Mein gelehrter Kollege wird seine interessante analytische Untersuchung, von der er mir schon jetzt freundlichst Mitteilung gemacht hat, ohne Zweifel selbst publizieren[3]); was mich betrifft, so werde ich seine Endresultate mitteilen, um aus denselben die Schlüsse zu ziehen, die mit der in meiner früheren Arbeit erörterten Frage im Zusammenhang stehen.

Eine elektrische Ladung bewege sich gleichförmig in gerader Linie parallel zu einer unbegrenzten Ebene von endlicher Leitfähigkeit; k sei der Widerstand, den ein Quadrat von 1 cm Seite in jener Ebene einem Strom, der dasselbe von einer Seite zur entgegengesetzten passiert, darbietet. Dieser Widerstand k, den man als spezifischen Widerstand der Ebene bezeichnen kann und der gleich dem spezifischen Widerstand des die Ebene bildenden Materials, dividiert durch die Dicke derselben, ist, soll zur Vereinfachung der Formeln nicht in Ohm, sondern in einer 30mal grösseren Einheit ausgedrückt werden, so dass k gleich $^1/_{30}$ des in Ohm ausgedrückten Widerstandes von 1 qcm der Ebene ist.

Die Formeln, zu welchen Levi-Civita gelangt und welche selbstverständlich k enthalten, geben für einen beliebigen Punkt und beliebigen Augenblick die drei Komponenten der elektrischen und diejenigen der magnetischen Kraft. Für meinen Zweck werde ich mich auf die Betrachtung desjenigen beschränken, was mit Bezug auf den leitenden Schirm jenseits des Raumes vor sich geht, in dem sich die elektrische Ladung bewegt.

Das allgemeine Ergebnis ist, dass der leitende Schirm das Magnetfeld in der Weise verändert, dass die magnetische Kraft jenseits des Schirmes geringer ist als diejenige, welche bei Abwesenheit des Schirmes daselbst vorhanden sein würde.

Macht man aber die Annahme, dass k bis zu Null abnehme, oder mit anderen Worten, dass s, die Leitfähigkeit des Schirmes, immer mehr steige, so sinkt die magnetische Kraft und strebt dem Werte Null zu. Damit ist meine Behauptung bestätigt, dass nur bei unbegrenzter Leitfähigkeit eine leitende Platte als vollkommener Schirm nicht allein mit Bezug auf die elektrische, sondern auch mit Bezug auf die magnetische Kraft (die erstere ist bereits für einigermassen grosse Werte von k merklich gleich Null) gelten könne.

Um zu erkennen, bis zu welchem Grade der zwischen der bewegten Ladung und der zur Messung der magnetischen Kraft bestimmten Nadel befindliche Schirm die Versuche beeinflussen kann, müssen wir einige Zahlenanwendungen machen. Nur ist es in diesem Falle zweckmässig, anstatt zu den allgemeinen Formeln zu greifen, vereinfachte Formeln zu benützen, indem man dem Umstande Rechnung trägt, dass die Geschwindigkeit, mit der sich die Ladung bewegt, auf jeden Fall gering ist im Vergleich mit der Lichtgeschwindigkeit. Das Verhältnis a zwischen der ersteren und der letzteren Geschwindigkeit ist also jedenfalls als eine sehr kleine Grösse zu betrachten und es dürfen deshalb Ausdrücke mit höheren Potenzen von a vernachlässigt werden. Nimmt man z. B. mit Levi-Civita an, dass die Geschwindigkeit

---

1) Aus den Rendiconti dell'Academia di Bologna. 12. Jan. 1902.

2) Derselbe wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

3) In den Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse.

der beweglichen Ladung 300 m betrage, so wird $a = 10^{-6}$.

Auch der leitende Schirm bedarf numerischer Bestimmung. Nehmen wir an, derselbe bestehe aus Kupfer und sei 1 mm dick, so findet sich $k = 0{,}5 \cdot 10^{-6}$, also in dem betrachteten Falle von der Grössenordnung von a, was bei der Vereinfachung der Formeln zu berücksichtigen ist. Anstatt nun dieselben mit den von Levi-Civita gebrauchten Zeichen und mit Bezug auf die von ihm benutzten beweglichen Achsen wiederzugeben, werde ich zur Erleichterung des Vergleichs die Zeichen und das Achsensystem anwenden, deren ich mich bei der Untersuchung des von einer gleichförmig in gerader Linie bewegten elektrischen Ladung erzeugten Magnetfeldes an anderer Stelle[1]) bedient habe.

Wir wollen also annehmen, die Ladung E bewege sich mit konstanter Geschwindigkeit c längs einer Geraden, die wir zur z-Achse wählen wollen; Koordinatenanfang sei der Punkt, an dem sich die Ladung E zur Zeit $t = 0$ befunden hatte. Die leitende Ebene sei parallel zur yz-Ebene und um den Betrag d von derselben entfernt. Endlich seien xyz die Koordinaten eines beliebigen jenseits des leitenden Schirmes gelegenen Punktes (d. h. $x > d$) und es werde zur Abkürzung gesetzt:

$$\omega = z - ct; \qquad h = \frac{2\pi a}{k};$$

$$s = \sqrt{x^2 + y^2 + \omega^2}; \qquad \varphi = \frac{1}{s(s\sqrt{1+h^2} + h\omega + x)}.$$

Unter Vernachlässigung von höheren Potenzen von a als der ersten findet man dann, dass die elektrische Kraft ein Potential

$$E \frac{ak}{2\pi} \frac{\omega}{s(s+x)}$$

hat und dass für die magnetische Kraft ebenso ein Potential

$$E a y \varphi$$

besteht.

Man sieht sofort, dass bei der Kleinheit von a und k die elektrische Kraft im Punkte (xyz) als Null gelten darf. Wir schliessen also, dass die Kupferplatte die Aufgabe, den jenseits derselben gelegenen Teil des Raumes gegen elektrische Kräfte zu schützen, wohl erfüllt.

Bezeichnen wir nun mit $\mathfrak{L}\mathfrak{M}\mathfrak{N}$ die Komponenten der zur Zeit t in einem beliebigen Punkt (xyz) vorhandenen magnetischen Kraft, so ergiebt sich durch Ableitung aus dem zweiten der obigen Potentiale:

$$\mathfrak{L} = \frac{Eay\varphi}{s^2}\left[x + \varphi s^2 (s + x\sqrt{1+h^2})\right],$$

$$\mathfrak{M} = -\frac{Ea\varphi}{s^2}\left[x^2 + \omega^2 - \varphi s^2 y^2 \sqrt{1+h^2}\right],$$

$$\mathfrak{N} = \frac{Eay\varphi}{s^2}\left[\omega + \varphi s^2 (hs + \omega\sqrt{1+h^2})\right].$$

Wie vorauszusehen gewesen, bleibt für die Punkte der xz-Ebene von diesen drei Komponenten nur die zweite. In der That ist, wenn $y = 0$, $\mathfrak{L} = 0$, $\mathfrak{M} = -Ea\varphi$, $\mathfrak{N} = 0$.

Die magnetische Kraft $\mathfrak{M}$ ändert sich natürlich mit ω, das heisst mit der Änderung der relativen Lage der beweglichen Ladung und des Punktes (xyz), auf welchen sich die Kraft $\mathfrak{M}$ bezieht; wir können uns jedoch darauf beschränken, zu untersuchen, was geschieht, wenn die bewegliche Ladung sich in den kleinsten Abständen von dem Punkte (xyz) befindet, oder mit anderen Worten, wenn ω sehr klein ist.

In diesem Falle ist angenähert

$$\mathfrak{M} = -Ea\frac{x(1+\sqrt{1+h^2}) - h\omega}{x^2(1+\sqrt{1+h^2})^2}.$$

Man sieht also, dass die magnetische Kraft dem absoluten Betrage nach wächst und ihr negatives Vorzeichen behält (das heisst: im Sinne der negativen y-Achse gerichtet ist), während die bewegliche Ladung, welche eben im Begriffe ist, an denjenigen Punkt ihrer Bahn zu gelangen, der vom Punkte (xyz) den kleinsten Abstand hat, sich diesem Punkte nähert, ihn erreicht und dann überschreitet. Wenn die bewegliche Ladung sich an dem bezeichneten Punkte befindet, das heisst wenn $\omega = 0$ ist, so liegt demnach die Intensität der magnetischen Kraft zwischen den Werten, die sie vorher hatte und die sie nachher hat. Von der Wirkung, welche die magnetische Kraft mit den aufeinanderfolgenden Werten ihrer Intensität hervorbringt, können wir uns demnach eine passende Vorstellung machen, indem wir dieselbe für den Fall $\omega = 0$ betrachten. Unter dieser Voraussetzung ist

$$\mathfrak{M} = -Ea\frac{1}{x^2(1+\sqrt{1+h^2})}.$$

Es ist nun zweckmässig, diese magnetische Kraft mit derjenigen zu vergleichen, welche an dem betrachteten Punkte herrschen würde, wenn der leitende Schirm nicht vorhanden wäre. Zu diesem Zwecke können die Formeln (20) meiner oben erwähnten Abhandlung dienen, von welchen die drei letzten ergeben:

$$L = \frac{Ea(1-a^2)y}{s^3}, \quad M = -\frac{Ea(1-a)x}{s^3}, \quad N = 0.$$

LMN bezeichnen die Komponenten der magnetischen Kraft für diesen Fall. Da nun $y = 0$, $\omega = 0$ ist und a als sehr klein angenommen wurde, so reduzieren sich diese Gleichungen auf

[1]) Mem. dell'Acc. di Bologna, 24. Febr. 1901; N. Cim. Aug. 1901, S. 104.

$$L = 0, \; M = -\frac{Ea}{x^2}, \; N = 0;$$

und man hat mithin

$$\mathfrak{M} = M \frac{1}{1 + \sqrt{1 + h^2}}.$$

Die durch eine bewegliche Ladung jenseits eines leitenden Schirmes erzeugte magnetische Kraft $\mathfrak{M}$ ist also, wie bereits gesagt, kleiner als diejenige, welche an derselben Stelle bestehen würde, wenn der Schirm nicht vorhanden wäre. Hier handelt es sich nun darum, den Betrag der Verminderung der magnetischen Kraft genauer festzustellen.

Um von der Grösse der durch den Schirm hervorgebrachten Wirkung eine bestimmte Vorstellung zu bekommen, werde ich zunächst die von Levi-Civita gewählten Werte benutzen, nämlich $a = 10^{-6}$ und $k = \frac{1}{2} \cdot 10^{-6}$, wovon sich dieser letztere Wert auf einen kupfernen Schirm von 1 mm Dicke bezieht. In diesem Falle ist $h = 4\pi$ und

$$\mathfrak{M} = 0{,}08\, M.$$

Die magnetische Kraft wird also in diesem Falle durch den Schirm um 92 Prozent herabgesetzt. Bei weniger grosser Leitfähigkeit des Schirmes ist jedoch auch die Verminderung weniger stark; für einen Schirm aus Stanniol von $^1/_5$ mm Dicke findet sich z. B.

$$\mathfrak{M} = 0{,}49\, M;$$

die magnetische Kraft beträgt also in diesem Falle beinahe die Hälfte derjenigen, welche durch die bewegliche Ladung bei Abwesenheit des Schirmes erzeugt werden würde. Ein derartiger Schirm gewährt also nicht allein gegen die elektrische Kraft vollständigen Schutz, sondern beeinträchtigt auch die magnetische Kraft so wenig, als es überhaupt möglich ist, da in der That das Verhältnis zwischen $\mathfrak{M}$ und M durch keine für den beabsichtigten Zweck gut genug leitende Platte bis zu dem Wert 0,5 gebracht werden kann.

Auf den ersten Blick muss dieses Resultat überraschen. Allerdings sind ja die Versuche, durch die nachgewiesen werden sollte, dass durch die elektrische Konvektion ein Magnetfeld entsteht, weit davon entfernt, den hier betrachteten Fall zu verwirklichen; unter anderem haben wir anstatt einer einzigen in geradliniger Bewegung begriffenen Ladung mehrere rotierende Leiter; dennoch aber muss das vorstehende Resultat auf den Gedanken führen, dass auch bei diesen Versuchen die magnetische Kraft durch den metallischen Schirm eine erhebliche Verminderung erleiden müsse, die es nachzuweisen gelte. Wäre dies wirklich so, dann würde es unbegreiflich, wieso beinahe alle Experimentatoren, ohne sich irgendwie um die magnetische Wirkung der zwischen der Magnetnadel und den in Bewegung begriffenen geladenen Körper aufgestellten Leiter zu kümmern, zu einer bemerkenswerten numerischen Übereinstimmung zwischen den berechneten und den beobachteten Werten gelangt sind.

Hierbei ist jedoch ein Umstand zu berücksichtigen. In den meisten Fällen war die Gestalt und Anordnung der bewegten Leiter eine derartige, dass dieselben zusammen einen beinahe kontinuierlichen Leiter bildeten, dessen Bewegung in der Weise vor sich ging, dass nur die kleinen trennenden Zwischenräume zwischen den verschiedenen Teilen ihre Lage im Raume änderten. So z. B. waren die beweglichen Leiter Sektoren einer um ihre Achse rotierenden Scheibe und voneinander nur durch sehr schmale radiale Zwischenräume getrennt. Der magnetische Effekt des Schirmes muss dann nicht etwa ähnlich ausfallen wie derjenige, den die obigen Formeln für den Fall einer bewegten Ladung geben, sondern eher wie der, übrigens leicht zu berechnende, einer gleichmässig elektrisierten Geraden, die sich in ihrer eigenen Richtung verschiebt.

Levi-Civita beweist nun, dass in irgend einem derartigen Falle stationärer Konvektion, das heisst einer Konvektion, die derart vor sich geht, dass die elektrische Kraft bei der Bewegung sich nicht merklich ändert, die Wirkung des Schirmes gleich Null ist. In Wirklichkeit ist ja in dem Falle der in Sektoren geteilten bewegten Scheibe das elektrische Feld nicht streng unveränderlich; aber die durch die Unterbrechungen verursachte Störung kann nur sehr gering sein. So erklärt es sich, weshalb bei der Berechnung der in den Versuchen von Rowland etc. auf die Nadel ausgeübten magnetischen Kraft der leitende Schirm nicht berücksichtigt zu werden brauchte.

Die jüngsten Versuche über den hier behandelten Gegenstand, nämlich diejenigen von Adams, von welchen in meiner vorigen Abhandlung bereits die Rede gewesen ist, scheinen sich jedoch viel mehr als die anderen dem Falle der geradlinig bewegten Ladung zu nähern. In der That wird in dem Adamsschen Apparat die elektrische Konvektion nicht durch eine in Sektoren geteilte leitende Scheibe, sondern durch eine Anzahl von elektrisierten Metallkugeln hervorgebracht, die auf einem Kreisumfange angeordnet sind und um dessen Achse rotieren. Mir scheint es sicher, dass man mit dieser Anordnung bei Nichtberücksichtigung des zwischen den Kugeln und dem Magnetometer befindlichen leitenden Schirmes eine wesentlich geringere magnetische Kraft als die berechnete gefunden haben würde, wenn der Autor nicht den glücklichen Einfall gehabt hätte, den Schirm in dünne parallele Streifen zu zerlegen, deren Anordnung eine derartige war, dass in dem Schirme jene Ströme, denen man die magne-

tische Wirkung desselben zuschreiben kann, absolut nicht auftreten konnten.

Wie man sieht, klärt die von Levi-Civita durchgeführte Untersuchung die Rolle, welche die Metallschirme spielen, einigermassen auf. Im allgemeinen verändert also ein solcher Schirm das von der elektrischen Konvektion erzeugte Magnetfeld, wie ich dies in meiner vorigen Abhandlung zu beweisen gesucht hatte; diese Veränderung kann aber vernachlässigt werden, wenn die Konvektion einen stationären Charakter anzunehmen strebt, wie dies in der That bei den meisten auf unseren Gegenstand bezüglichen Versuchen der Fall ist.

In einer Anmerkung zu dem erwähnten Vortrage hatte ich, von der Hypothese ausgehend, dass der elektrische Strom nichts anderes sei als ein Transport von Elektronen, zwei Erklärungsweisen dafür vorgeschlagen, wieso es denn eigentlich möglich sei, dass ein Leiter das Magnetfeld eines konstanten Stromes nicht modifiziere. Man sieht nunmehr, dass man die zweite von jenen Erklärungen acceptieren, oder mit anderen Worten, dass man annehmen darf, die zu erklärende Thatsache sei dadurch bedingt, dass die Elektronen in ungemein kleinen Abständen aufeinanderfolgen, wodurch der Strom sich von der Verschiebung einer kontinuierlichen elektrisierten Linie längs ihrer selbst nur überaus wenig unterscheidet.

Sind aber nunmehr auch gewisse Zweifel bezüglich der Deutung der mehrfach erwähnten Versuche beseitigt, so hat sich andererseits leider die Hoffnung nicht erfüllt, dass es gelingen werde, die Ursache der Nichtübereinstimmung zwischen den Versuchen Crémieus und denjenigen der anderen Experimentatoren aufzuklären.

(Aus dem Italienischen übersetzt von B. Dessau.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

W. Ostwald (Leipzig), Über Katalyse.[1]

Der Begriff und Name der katalytischen Wirkungen ist im Jahre 1835 von Berzelius aufgestellt worden, nachdem im vorangegangenen Jahre Mitscherlich das Ergebnis seiner klassischen Arbeit über die Bildung des Äthers dahin ausgesprochen hatte, dass der Zerfall des Alkohols in Äther und Wasser unter dem Einflusse der Schwefelsäure weder von der wasserentziehenden Wirkung der Säure, noch von der erhöhten Temperatur, noch endlich von der Bildung der Äthylschwefelsäure bedingt sei. Er schliesst: Zersetzungen und Verbindungen, welche auf diese Weise hervorgebracht werden, kommen sehr häufig vor; wir wollen sie Zersetzungen und Verbindungen durch Kontakt nennen.

Während wir Mitscherlich ein erstes sorgfältig experimentell durchgearbeitetes Beispiel derartiger Vorgänge verdanken, ist das Verdienst von Berzelius der Nachweis, dass bereits eine grössere Anzahl von Reaktionen bekannt war, welche mit jenem Falle bestimmte Ähnlichkeiten aufwiesen. Die Eigenschaft seines Geistes, welcher er einen wesentlichen Teil seiner grossen Wirkung verdankte, seine Fähigkeit, auseinanderliegende Einzelheiten systematisch zusammenzufassen, bewährte sich auch hier, und der von ihm geschaffene Begriff der Katalyse hat seitdem, wenn auch anfangs nicht ohne Widerspruch, aber jetzt endgültig, Eingang in die Wissenschaft gefunden.

Die von Berzelius zusammengefassten Erscheinungen sind folgende: die 1811 von Kirchhof entdeckte Umwandlung der Stärke in Dextrin und Zucker durch Kochen mit verdünnten Säuren; die von demselben 1813 nachgewiesene, gleiche Wirkung des Malzauszuges; die 1833 durch Payen und Persoz bewirkte teilweise Isolierung des hierbei wirksamen Stoffes, der Diastase; die 1818 von Thenard untersuchte Zersetzung des Wasserstoffperoxyds durch Metalle, Oxyde und durch Fibrin; die Wirkung des Platins auf verbrennliche Gasgemenge (J. Davy 1817 und Döbereiner 1822) und endlich zufolge der eben erwähnten Arbeit von Mitscherlich die Ätherbildung.

Das Gemeinsame in diesen Vorgängen ist, dass sie durch die Anwesenheit von Stoffen bewirkt werden, deren Bestandteile nicht in den Endprodukten erscheinen und daher durch die Reaktion nicht verbraucht werden. Demgemäss definiert Berzelius sie folgendermassen: „Die katalytische Kraft scheint eigentlich darin zu bestehen, dass Körper durch ihre blosse Gegenwart und nicht durch ihre Verwandtschaft die bei dieser Temperatur schlummernden Verwandtschaften zu erwecken vermögen, so dass zufolge derselben in einem zusammengesetzten Körper die Elemente sich in solchen anderen Verhältnissen ordnen, durch welche eine grössere elektro-

1) Gemeinschaftliche Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe am 26. September 1901.

chemische Neutralisierung hervorgebracht wird."

Es ist wichtig, zu bemerken, dass in dieser Definition Berzelius keinen Versuch irgend einer Erklärung gemacht hat; vielmehr hat er in einer darauf folgenden Diskussion mit Liebig sehr ernstlich auf die grosse Gefahr hingewiesen, unvollkommen bekannte Erscheinungen durch hypothetische Annahmen erklären zu wollen und so der experimentellen Forschung vorzugreifen und sie zu behindern. Diese Warnung ist nicht berücksichtigt worden, und die von Berzelius vorausgesehenen Behinderungen in der wissenschaftlichen Bearbeitung der Frage haben bis in unsere Tage ihre schädliche Wirkung geübt.

Versuchen wir an der Hand der vorstehend gegebenen Begriffsbestimmung eine Übersicht der gegenwärtig bekannten Kontaktwirkungen oder Katalysen zu gewinnen, so werden wir folgende Einteilung machen können.

1. Auslösungen in übersättigten Gebilden.
2. Katalysen in homogenen Gemischen.
3. Heterogene Katalysen.
4. Enzymwirkungen.

Die Thatsachen, welche zu dieser Gruppierung geführt haben, sollen nacheinander erörtert werden, wobei sich die Angemessenheit der Ordnung, wie ich hoffe, ergeben wird.

1. Auslösung in übersättigten Gebilden. Ich beginne mit diesen Erscheinungen, da sie gegenwärtig als grundsätzlich aufgeklärt gelten können, und uns somit die Beurteilung der anderen Fälle erleichtern werden. Der bekannteste Fall ist hier die Krystallisation einer übersättigten Lösung, z. B. von Glaubersalz, durch Zutritt einer sehr kleinen Spur des festen Stoffes, bezüglich dessen die Lösung übersättigt ist. Hier liegt zunächst das charakteristische Missverhältnis zwischen der Menge des wirksamen Stoffes und der Menge des durch seinen Einfluss umgewandelten vor. Mittels eines weit unterhalb der Grenze der Wägbarkeit liegenden Stäubchens kann man eine beliebig grosse Menge der übersättigten oder überkalteten Flüssigkeit zur Erstarrung bringen. Vor einigen Jahren habe ich die Grösse des kleinsten Stäubchens zu messen versucht, welches noch die Wirkung zeigt; sie hat sich als sehr klein, nämlich 10^{-10} bis 10^{-12} g, aber nicht unmessbar klein ergeben, denn noch kleinere Mengen brachten keine Erstarrung mehr hervor.

Diese Vorgänge sind nicht auf den Fall beschränkt, dass eine Flüssigkeit in Bezug auf einen festen Körper übersättigt ist; sie kann auch in Bezug auf ein Gas übersättigt sein, und es wird dann in ihr durch Spuren eines Gases eine unverhältnismässige Gasentwickelung ausgelöst. Auch ist die Übersättigung oder allgemeiner die Überschreitung nicht an den flüssigen Zustand gebunden; auch Dämpfe können übersättigt in Bezug auf flüssige oder feste Körper sein, und selbst bei festen Körpern sind Fälle bekannt, wo sie „übersättigt" in Bezug auf Flüssigkeiten sind, d. h. sich in Berührung mit ein wenig der betreffenden Flüssigkeiten in diese verwandeln. „Übersättigung" seitens fester Körper in Bezug auf andere feste Körper, die aus ihnen entstehen können, sind sehr häufig. Dagegen sind Übersättigungen von Flüssigkeiten in Bezug auf andere Flüssigkeiten noch nicht sicher nachgewiesen und jedenfalls nur schwierig herzustellen.

Die Theorie aller dieser Erscheinungen ist bekannt. Es handelt sich jedesmal um die Thatsache, dass Gebilde vorliegen, deren Beständigkeit nicht die grösste unter den vorhandenen Bedingungen von Druck und Temperatur ist. Es giebt vielmehr noch andere, beständigere Zustände, die dadurch gekennzeichnet sind, dass in ihnen eine neue Phase, d. h. ein physisch verschiedener Anteil mit anderen Eigenschaften auftritt. Bei der übersättigten Glaubersalzlösung ist es das feste Salz, bei dem übersättigten Sodawasser ist es das Kohlendioxydgas. Nun tritt allgemein eine solche neue Phase nie von selbst auf, wenn die Ueberschreitung nicht zu gross war, und das Gebilde verhält sich wie ein im Gleichgewicht befindliches. Tritt aber eine kleine Menge der fehlenden Phase mit diesem „metastabilen" Gebilde in Berührung, so ist die Reaktion ausgelöst, und die neue Phase vermehrt sich, bis Gleichgewicht eingetreten ist.

Ist die neue Phase ein fester Stoff, so ist die auslösende Wirkung, die „Keimwirkung", daran gebunden, dass der Keim aus dem gleichen Stoffe besteht wie die mögliche, feste Phase. Ausserdem haben noch isomorphe Stoffe diese Eigenschaft; fremde feste Körper sind dagegen ohne Wirkung. Hier ist allerdings noch ein weites Feld der Forschung offen, denn da isomorphe Stoffe wahrscheinlich durch die Bildung fester Lösungen wirken, so ist zu untersuchen, ob auch solche festen Stoffe, die zwar nicht isomorph sind, wohl aber mit dem betreffenden Stoffe feste Lösungen bilden können, wirksam sind.

Ausserdem giebt es Fälle, wo feste Körper auslösend wirken, welche weder isomorph sind, noch feste Lösungen bilden. Solche „künstlichen Keime" bilden sich beispielsweise zuweilen, wenn man Kieselsäure in Gegenwart der betreffenden Krystalle unlöslich werden lässt und dann die Krystalle mittels passender Lösungsmittel entfernt. Ich habe diese Thatsache zwar konstatiert, aber noch nicht die Zeit gefunden, eine eingehende Untersuchung auszuführen und insbesondere einen sicheren Weg zur Gewinnung der künstlichen Keime auszu-

arbeiten. Doch glaubte ich die Beobachtung hier erwähnen zu sollen, da sie manche scheinbare Widersprüche aufklären kann, die man bei den Untersuchungen in diesem schwierigen Gebiete gefunden hat.

Während die Keime bei Übersättigungen in Bezug auf feste Phasen spezifischer Natur sein müssen, wirkt bei Übersättigungen in Bezug auf Gase jedes beliebige Gas auslösend. Dies ist eine Folge davon, dass sich jedes Gas in jedem anderen unbeschränkt löst, d. h. mit ihm eine homogene Mischung liefert.

Eine gegebene Flüssigkeit kann gleichzeitig in Bezug auf verschiedene Phasen übersättigt sein. So kann man leicht Natriumacetat und Natriumthiosulfat zu einer Flüssigkeit zusammenschmelzen, welche gegen Keime jedes dieser Salze in besonderer Weise reagiert, indem nur der betreffende Stoff ausgeschieden wird, während der andere im flüssigen Zustande hinterbleibt. Denkt man sich daher in einer Röhre an einer Stelle einen Keim des Acetats, an einer anderen Stelle einen solchen des Thiosulfats angebracht, so wird beim Durchströmen der Flüssigkeit durch die Röhre jeder dieser Keime in seiner eigenen Art wachsen.

Wir haben hier ein Beispiel für die physikochemische Möglichkeit gewisser organischer Vorgänge, über welche sich bereits Berzelius bei Gelegenheit seiner Erörterungen über Katalyse den Kopf zerbrochen hat. Es ist dies die Bildung der verschiedenartigsten Stoffe in den Organen des tierischen Körpers aus einer und derselben Flüssigkeit, dem Blute. Wenn wir das Blut als eine in Bezug auf alle diese Stoffe übersättigte Lösung betrachten dürften, so wäre es verständlich, dass jedes Organ sich seiner Substanz nach auf Kosten einer und derselben Flüssigkeit vermehren kann.

Es wäre jedenfalls unzulässig, zu behaupten, dass hiermit wirklich eine allgemeine Theorie der tierischen Sekretionen gegeben sei. Denn die Betrachtung hat ja nur Geltung für heterogene Phasen. Auch ist noch die Vorfrage zu erledigen, ob denn auch Verbindungen, die in der Flüssigkeit nicht vorgebildet sind, sondern erst durch chemische Wechselwirkung der darin enthaltenen Stoffe entstehen müssen, Übersättigung gegen berührende andere Phasen zeigen können.

Diese Frage muss bejaht werden. Es sind uns beispielsweise Übersättigungserscheinungen an den Lösungen des Calciumsulfats wohlbekannt, welche so verdünnt sind, dass sie zum allergrössten Teil dies Salz in Gestalt seiner Ionen enthalten. Da im festen Salze keine Ionen enthalten sind, liegt hier eine chemische Umwandlung vor. Ebenso zeigen verdünnte Lösungen von Bleisalzen und Thiosulfaten Übersättigung in Bezug auf Bleisulfid, das aus ihnen durch eine weitgehende chemische Zersetzung entsteht. Endlich gewähren die Methoden der „physikalischen Entwickelung" in der Photographie Beispiele solcher Erscheinungen.

Leider ist es nicht ausführbar, an dieser Stelle die möglichen physiologischen Anwendungen der hier obwaltenden Gesetze klarzulegen, und ich muss mich mit dem Ausdrucke meiner Überzeugung begnügen, dass auf diesem Wege in der That manche Probleme des organischen Lebens eine zureichende Lösung finden können.

Fassen wir die eben geschilderten Verhältnisse grundsätzlich zusammen, so sehen wir, dass die wesentlichste Voraussetzung das Vorhandensein eines metastabilen Gebildes ist, welches den stabileren Zustand aus eigenen Kräften erst aufsucht, nachdem ihm ein Weg dazu geöffnet ist. Der Keim der anderen Phase ist nicht die Ursache der Reaktion in dem Sinne, in welchem Robert Mayer dies Wort braucht, denn er liefert nicht die für den Vorgang erforderliche, freie Energie, sondern er ist nur die Auslösung eines Vorganges, der sich aus eigenen Kräften vollendet, nachdem er einmal in Gang gebracht ist.

Wir können uns schon jetzt darüber klar werden, dass Ähnliches auch für alle anderen Fälle der Kontaktwirkung gelten muss. Gerade der Mangel an Proportionalität zwischen der Menge des katalytisch wirkenden Stoffes und dem Betrage der Umwandlung macht es zu einer notwendigen Voraussetzung, dass die katalytisch verursachten Vorgänge ihren Energieaufwand aus Eigenem bestreiten. Diese Erkenntnis tritt im Gewande ihrer Zeit schon bei Berzelius auf, wenn er sagt, dass durch den Vorgang eine grössere elektrochemische Neutralisation bewirkt würde. Er ist auch gegenwärtig oft genug ausgesprochen worden, aber meist in einer falschen Gestalt. So finde ich bei einem hervorragenden Erforscher der katalytischen Enzymwirkungen den Satz, dass durch diese nie eine endothermische Reaktion soll bewirkt werden können. Dies ist ganz unrichtig, denn da endothermische Reaktionen von selbst, d. h. ohne katalytische Beeinflussung, ganz wohl stattfinden können, so ist gar nicht einzusehen, warum solche nicht auch unter dem Einflusse von Enzymen stattfinden sollen. Wohl aber sind unter diesen Einflüssen keine Reaktionen möglich, bei denen eine Verminderung der freien (nicht der gesamten) Energie stattfindet. Es sind mit anderen Worten unter dem Einflusse von Katalysatoren keine Reaktionen möglich, die nicht auch ohne diesen Einfluss stattfinden könnten, ohne dass eines der Energiegesetze verletzt wird. In dieser Gestalt ist der Satz allerdings den beteiligten Forschern nicht ganz geläufig,

denn es finden sich nicht selten Darstellungen, in denen der auf den zweiten Hauptsatz bezügliche Teil dieses Gesetzes missachtet und verletzt wird.

Dasselbe ist über die Behauptung zu sagen, dass Katalysatoren nur spaltende, keine synthetische Wirkung haben können. Die organische Chemie bietet zahlreiche Beispiele des Gegenteils; ich brauche nur an die Synthesen unter dem katalytischen Einflusse des Kaliumäthylats zu erinnern.

2. Katalysen in homogenen Gemischen. Die jetzt zu besprechende Abteilung der Kontaktwirkungen ist die grösste und theoretisch wichtigste. Hierher gehören die meisten der zahllosen inzwischen entdeckten katalytischen Wirkungen.

Fragen wir, ob sich die im ersten Falle gegebene Erklärung auch hier anwenden lässt, so muss die Antwort verneinend lauten. Das Wesentliche im ersten Falle war ja das Auftreten der neuen Phase; diese ist aber hier durch die Definition ausgeschlossen.

Den richtigen Standpunkt dem neuen Probleme gegenüber finden wir aber, wenn wir an der allgemeinen Bedingung festhalten, welche eben für alle Gebilde aufgestellt worden ist, die einer Kontaktwirkung unterliegen; sie dürfen nicht einen stabilen Zustand darstellen, denn ein solcher kann überhaupt keine Änderung ohne Energiezufuhr erfahren. Wie verhalten sich aber instabile Gebilde, wenn sie homogen sind?

Die Antwort ist, dass homogene, instabile Gebilde überhaupt nicht anders als im Zustande der Umwandlung existieren können. Eine übersättigte Lösung kann, wenn die Übersättigung innerhalb gewisser Grenzen bleibt, bei passendem Schutz unbegrenzt lange aufbewahrt werden und in ihr findet keinerlei Veränderung statt. Eine Flüssigkeit aber, welche ohne Zufuhr freier Energie andere Produkte liefern kann, die gelöst bleiben, lässt sich nicht aufbewahren, ohne diese Produkte zu bilden. Dies kann möglicherweise äusserst langsam geschehen, so langsam, dass ohne besondere auf den Zweck gerichtete, langwierige Untersuchung eine Veränderung überhaupt nicht nachgewiesen werden kann. Aber die sicherste Grundlage allgemeiner Schlüsse, die wir kennen, die Gesetze der Energetik, verlangen, dass thatsächlich die Umwandlung stattfindet. Sie diktieren keinen Zahlenwert der Geschwindigkeit, die dabei eingehalten werden muss; sie verlangen nur, dass diese Geschwindigkeit nicht streng Null ist, sondern einen endlichen Wert hat.

Hierdurch gewinnen wir alsbald auch für diesen Fall die Definition eines Katalysators.

Ein Katalysator ist jeder Stoff, der, ohne im Endprodukt einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit verändert.

Es ist bei dieser Definition sachgemäss vermieden, irgend eine Ansicht über die Ursache eines solchen Einflusses auszusprechen. Ja, wir müssen uns hüten, auch nur zu behaupten, dass für alle katalytischen Wirkungen Ursachen derselben Art massgebend sind. Diese Fragen stehen auf einem anderen Blatt; hier soll zunächst nur eine Definition gefunden werden, welche eine wissenschaftliche Bearbeitung der Frage ermöglicht.

Dass die gegebene Definition diesen Zweck erfüllt, werden Sie alsbald erkennen, denn sie ergiebt sofort die Fragestellung nach dem zahlenmässigen Betrage der Beschleunigung bezw. Verzögerung und deren Abhängigkeit von der Natur und Konzentration des Katalysators, der Temperatur, der Gegenwart anderer Stoffe u. s. w. Es ist selbstverständlich, muss aber dennoch ausgesprochen werden, dass alle Versuche, Theorien für die Ursache der katalytischen Erscheinungen aufzustellen, wertlos bleiben, bis derartige messende Feststellungen durchgeführt sind.

Fasst man die Katalyse in dem eben definierten Sinne auf, so ist sie eine ungemein verbreitete Erscheinung, welche thatsächlich sich jedesmal geltend macht, wenn überhaupt die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion der Messung zugänglich ist. Ein ausgezeichnetes Beispiel haben die bekannten Versuche von Menschutkin ergeben, der für eine Anzahl verschiedenartiger Reaktionen nachgewiesen hat, dass ihre Geschwindigkeit je nach dem Lösungsmittel zwischen sehr bedeutenden Grenzen verschieden ausfallen kann. Schon diese Wirkungen der Lösungsmittel werden wir also als katalytische zu bezeichnen haben. Feststellungen darüber, ob sich hierbei etwa Verbindungen zwischen dem Lösungsmittel und den Reagentien bilden, so dass Änderungen der Geschwindigkeit auf Änderungen der wirksamen Mengen zurückzuführen sind, sollen dadurch natürlich nicht präjudiziert sein.

Zwischen diesen Einflüssen und solchen, bei denen verschwindend geringe Menge zugesetzter Stoffe die Geschwindigkeit im allerhöchsten Masse ändern, lassen sich stetige Übergänge von allen Graden nachweisen. Bisher sind Wirkungen der letzteren Art fast ausschliesslich als katalytische bezeichnet worden; da es sich indessen nur um quantitative Unterschiede handelt, so ist es methodisch nicht gerechtfertigt, die Fälle auszuschliessen, in welchen die Beträge kleinere Werte haben.

Zur Beobachtung und Messung sind bisher meist die Fälle gelangt, in denen sehr grosse Beeinflussungen durch sehr kleine Stoffmengen vorlagen. Selbst wenn man sich auf solche be-

schränkt, so ist die Anzahl der nachgewiesenen einzelnen Fälle bereits jetzt ausserordentlich gross. Insbesondere verdanken wir den Arbeiten Schönbeins eine fast unabsehbare Liste solcher Reaktionen. Allerdings fehlt bei Schönbein noch die Erkenntnis, dass es sich bloss um Beschleunigungen an sich stattfindender, nur langsam verlaufender Vorgänge handelt; er sieht sie vielmehr als durch den Katalysator hervorgerufen an. Dadurch stehen wir jetzt vor der Aufgabe, das von diesem unermüdlichen und originalen Forscher ausgegrabene Rohmaterial einer quantitativen Durcharbeitung zu unterziehen: eine Arbeit, welche die gemeinsame Bethätigung einer ganzen Reihe von Forschern beanspruchen wird.

An eine Aufzählung solcher Fälle kann ich hier nicht gehen. Ich will nur betonen, dass es keine Art chemischer Reaktionen zu geben scheint, die nicht katalytisch beeinflusst werden könnte, und keine Art chemischer Stoffe, sei es Elemente oder Verbindungen, die nicht katalytisch wirken könnten. Ebenso beantwortet sich die von Berzelius bereits gestellte Frage, ob es allgemeine oder spezifische Katalysatoren gebe, dahin, dass beide Fälle nachweisbar sind. Während beispielsweise die Anwesenheit von Wasserstoffion die meisten chemischen Reaktionen beschleunigt, so dass dieser Stoff als ein Katalysator von grosser Allgemeinheit bezeichnet werden muss, giebt es namentlich unter den Enzymen spezifische Katalysatoren, welche nur auf ganz bestimmte Stoffe ihre beschleunigende Wirkung ausüben. Auch die andere Frage von Berzelius, ob aus einem und demselben Stoff oder Stoffgemisch durch verschiedene Katalysatoren verschiedene Produkte hervorgebracht werden können, oder in unserem Sinne, ob verschiedene mögliche Reaktionen an demselben Gebilde durch verschiedene Katalysatoren in verschiedenem Sinne beschleunigt werden können, glaube ich bejahend beantworten zu müssen, wenn ich auch keine besonders auf diesen Zweck gerichteten Versuche anzuführen weiss.

Wenden wir uns nun den Versuchen zu, die katalytische Erscheinung dem wissenschaftlichen Verständnis näher zu bringen oder eine Theorie derselben zu geben, so muss ich an das eben Gesagte erinnern. Die bisherigen Theorien, soweit sie überhaupt Anspruch auf wissenschaftliche Bedeutung erheben können, schweben zur Zeit noch in der Luft, da ihre messende Durcharbeitung eben nur in Angriff genommen ist. Wenn auch die Untersuchungen, zu deren Verfolgung seit einigen Jahren sich eine Anzahl tüchtiger, junger Forscher in dem von mir geleiteten Laboratorium vereinigt hat, bereits einige Ergebnisse in diesem Sinne haben zu Tage treten lassen, so möchte ich doch an dieser Stelle mir voreilige Schlüsse am wenigsten zu schulden kommen lassen. Vielleicht wird es nach einigen Jahren möglich sein, allgemeine Ergebnisse mitzuteilen; heute muss ich mich damit begnügen, dass der Boden für die gemeinsame Arbeit den Fachgenossen frei gemacht ist.

Die erste Theorie der katalytischen Erscheinungen wurde von Liebig aufgestellt, und zwar zu dem Zwecke, diesen von Berzelius geschaffenen Begriff als überflüssig erscheinen zu lassen. Liebig fasste die Katalyse als eine unmittelbare Folge des mechanischen Trägheitsgesetzes auf. Seine Äusserung lautet: „Diese Ursache ist die Fähigkeit, welche ein in Zersetzung oder Verbindung, d. h. in chemischer Aktion begriffener Körper besitzt, in einem anderen ihn berührenden Körper dieselbe chemische Thätigkeit hervorzurufen, oder ihn fähig zu machen, dieselbe Veränderung zu erleiden, die er selber erfährt. Diese Fähigkeit wird am besten durch einen brennenden Körper (einen in Aktion begriffenen) versinnlicht, mit welchem wir in anderen Körpern, indem wir sie dem brennenden nähern, dieselbe Thätigkeit hervorrufen."

Liebig hat bei dieser Erklärung offenbar keine glückliche Hand gehabt. Sein eigenes Beispiel schlägt ihn, denn zum Anzünden braucht man keinen brennenden Körper, sondern nur einen heissen; ob er infolge eines chemischen Vorganges heiss ist oder aus irgend einem anderen Grunde (z. B. infolge eines elektrischen Stromes), ist für den Erfolg ganz gleichgültig. Es sind denn auch alsbald solche Einwände erhoben worden, und Liebig sah sich veranlasst, seiner Hypothese eine veränderte Gestalt zu geben. Er erläuterte seine Ansicht im Anschluss an die Frage der Zuckergärung durch folgende Worte:

„Ähnlich wie die Wärme das statische Moment in den Elementen sehr vieler chemischer Verbindungen aufzuheben fähig ist, geschieht dies durch einen Körper, dessen Elemente sich selbst im Zustande eines aufgehobenen Gleichgewichts befinden; die Bewegung, in der sich seine Atome befinden, teilt sich den Atomen der Elemente des Zuckers mit; sie hören auf, in dem Zustande zu beharren, in welchem sie Zucker bilden, und ordnen sich nach ihren besonderen Anziehungen."

Diese Hypothese „molekularer Schwingungen" hat sich in der Folge einer grossen Beliebtheit erfreut und dürfte noch heute die Ansicht vieler, insbesondere der nichtbeteiligten Fachgenossen darstellen. Sie hat den besonderen Vorzug, dass sie überhaupt nicht wider-

legt werden kann, denn sie ist einer Prüfung nicht zugänglich. Die wissenschaftliche Anspruchslosigkeit, welche in der Anwendung einer solchen „Theorie" liegt, wurde um so weniger empfunden, als auch die übrige Entwickelung der Chemie nach einer Richtung standfand, in welcher die Benutzung molekularer Hypothesen als ein vollwichtiges, wissenschaftliches Hilfsmittel galt. Wenn man aber versucht, aus ihr auch nur die geringste Anleitung zu experimenteller Fragestellung und Forschung zu entnehmen, oder sie zu irgend einer Vermutung über die möglichen Gesetze der katalytischen Wirkungen zu verwerten — und dies ist doch der einzige Zweck solcher Hypothesen —, so überzeugt man sich allerdings von ihrer vollendeten Unfruchtbarkeit.

Dass durch die Hypothese der molekularen Schwingungen die ganze Angelegenheit thatsächlich auf ein totes Geleis gefahren war, lässt sich daraus erkennen, dass eine stete wissenschaftliche Bearbeitung des einst mit so grossem Eifer behandelten Problems hernach nicht eingetreten ist. Lange Zeit hindurch sind es nur vereinzelte Forscher, welche sich um katalytische Erscheinungen kümmern, sie beobachten und beschreiben. Auch hat sich Schönbein, dessen Forschungen wir soviel von dem verdanken, was wir an Thatsachen gegenwärtig wissen, an den theoretischen Streitigkeiten über deren Ursache nicht beteiligt; es machte ihm vielmehr ein sichtliches Vergnügen, diesen Erscheinungen nachzugehen, für welche die zeitgenössische Chemie, der er nur geringe Achtung zollte, keine Erklärung noch Unterkunft wusste.

Viel Günstigeres lässt sich von einem anderen Gedanken sagen, der lange vorher aufgestellt, inzwischen aber lange Zeit nicht zur Geltung gekommen war. Es ist dies die Idee der Zwischenreaktionen.

Ihren Ausgang hat sie in der ersten wissenschaftlichen Bearbeitung genommen, welche die chemischen Vorgänge in der Bleikammer beim Schwefelsäureprozess erfuhren. In einer klassisch gebliebenen Arbeit haben Clément und Désormes im Jahre 1806 die noch heute allgemein angenommene Erklärung für die Wirkung gegeben, welche die Oxyde des Stickstoffes bei der Oxydation der schwefligen Säure durch den Luftsauerstoff ausüben. Wie Sie alle wissen, beruht sie auf der Annahme, dass die schweflige Säure durch die höheren Oxyde des Stickstoffes oxydiert wird, während diese in Stickstoff übergehen. Letzterer verbindet sich wieder mit dem Luftsauerstoff, und der Vorgang kann von neuem erfolgen. So dient dann eine geringe Menge von Stickstoffoxyden, um unbegrenzte Mengen schwefliger Säure zu oxydieren.

Merkwürdigerweise wurde zu der Zeit des Streites zwischen Berzelius und Liebig dieser Fall gar nicht in die Erörterung gezogen, und erst später finden sich Anwendungen der alten Betrachtungsweise auf andere Fälle, wo chemische Vorgänge durch Stoffe befördert werden, ohne dass ein stöchiometrisches Verhältnis zu diesen Hilfsstoffen besteht. Doch hat sich dann diese Auffassung mehr und mehr verbreitet, und heute muss man sie als den ältesten und wichtigsten Versuch bezeichnen, gewisse, wenn auch vielleicht nicht alle katalytischen Vorgänge zu erklären.

Allerdings besteht auch dieser Ansicht gegenüber meist noch eine gewisse Anspruchslosigkeit. Wenn man sich einer katalytischen Erscheinung gegenüber sieht, so sucht man nach möglichen Zwischenprodukten, an deren Bildung der Hilfsstoff oder Katalysator teilnehmen könnte, und erachtet die Aufgabe als im wesentlichen gelöst, wenn man einen solchen namhaft machen kann. Gelingt es gar, etwas von dem angenommenen Zwischenprodukt aus der Reaktionsmasse herauszupräparieren, so gilt die Auffassung als erwiesen. Ob jener Stoff wirklich ein Zwischenprodukt und nicht etwa nur ein Nebenprodukt ist, das ist eine Frage, welche kaum gestellt, geschweige denn erledigt wird.

Prüfen wir nun den Gedanken von unserem heutigen Standpunkte aus, so wird man zunächst etwas Widersprechendes in ihm empfinden. Damit ein Vorgang überhaupt verläuft, muss er mit einem Abfall der freien Energie verbunden sein. Dieser Abfall hängt nur vom Anfangs- und Endpunkte der Reaktion ab, nicht aber von ihrem Wege. Andererseits ist die Geschwindigkeit der Reaktion in streng vergleichbaren Fällen proportional diesem Abfalle. Hieraus würde man zu schliessen geneigt sein, dass die Reaktionsgeschwindigkeit eines gegebenen Gebildes denselben Wert haben müsste, ob der Vorgang direkt oder indirekt, ob er in einem Zuge oder in Stufen stattfindet.

Ein solcher Schluss wäre falsch, denn ausser dem Abfall der freien Energie sind noch viele andere Faktoren für die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmend, die man keineswegs alle kennt. Ein wohlbekanntes Beispiel ist der sehr grosse Einfluss, den die Temperatur hat und der unverhältnismässig viel mehr beträgt als die entsprechende Zunahme der freien Energie. Auch lehrt die chemische Energetik, dass sich zwar über die Gleichgewichte gegebener Gebilde Allgemeines aussagen lässt, nicht aber über die Zahlenwerte der Geschwindigkeiten, mit denen dies Gleichgewicht erreicht wird. Es ergiebt also keinen Widerspruch mit allgemeinen Gesetzen, wenn wir annehmen, dass eine gewisse Reaktionsfolge über einen Zwischenstoff schneller erfolgt als die unmittelbare Reaktion ohne diesen; doch spricht auch nichts dafür, und einiges dagegen, dass dies allgemein der Fall ist.

Um also auf unser klassisches Beispiel, das ja übrigens auch bald der Geschichte angehören wird, zurückzukommen, so können wir immerhin annehmen, dass die schweflige Säure durch den Luftsauerstoff allein viel langsamer oxydiert wird als die beiden Reaktionen: Oxydation der schwefligen Säure durch Stickstoffperoxyd und Oxydation des Stickoxyds durch Luftsauerstoff, nebeneinander verlaufen, trotzdem die Konzentrationen der Zwischenprodukte notwendig geringer sein müssen als die für die unmittelbare Reaktion wirksamen Konzentrationen. Aber damit wir diese Auffassung als wissenschaftlich begründet erachten, fehlt noch die Hauptsache: es müssen die in Betracht kommenden Reaktionsgeschwindigkeiten wirklich gemessen sein, und ehe dies geschehen ist, kann man nur von einer Vermutung, nicht aber von einer Erklärung reden. Und was hier gesagt ist, gilt allgemein: durch die Annahme irgend welcher Zwischenreaktionen wird eine katalytische Beschleunigung durchaus nicht erklärt, wenn nicht bewiesen wird, dass diese Zwischenreaktionen unter den vorhandenen Bedingungen thatsächlich schneller verlaufen als die direkte Reaktion.

Bis heute ist noch kein derartiger Fall einwurfsfrei durchgearbeitet und eine derartige Erklärung in keinem einzigen Falle bewiesen. Allerdings wird, wie ich hoffe, diese Lücke nicht mehr lange bestehen, denn einige auf diesen Punkt gerichtete Arbeiten sind ihrem Abschlusse nahe.

Es entsteht nun, vorausgesetzt, dass in einzelnen Fällen die Richtigkeit der Theorie der Zwischenprodukte bewiesen ist (was allem Anscheine nach eintreten wird), die neue Frage, ob auf diesem Wege eine Erklärung aller Katalysen gegeben sei. Ich glaube, dass hierauf unbedingt mit Nein geantwortet werden muss. Ich glaube eine ganze Anzahl Katalysen zu kennen, bei denen eine derartige Erklärung nicht durchführbar ist. Insbesondere sehe ich keine Möglichkeit, die Thatsache der verzögernden katalytischen Beeinflussungen durch die Annahme von Zwischenprodukten zu erklären. Denn wenn eine Reaktion über die Zwischenprodukte langsamer geht als auf direktem Wege, so wird sie eben auf diesem letzteren stattfinden, und die Möglichkeit von Zwischenprodukten hat überhaupt keinen Einfluss auf den Vorgang.

Wohl aber erscheint mir eine Ausdehnung der Theorie der Zwischenprodukte auf die heterogenen Katalysen möglich; wir kommen auf diese Frage im nächsten Teile zurück.

Eine andere Theorie der Katalysen ist in neuerer Zeit von Euler aufgestellt worden. Indem er von der bereits früher erwogenen Annahme ausgeht, dass alle chemischen Reaktionen Ionenreaktionen sind, und dass ihre Geschwindigkeiten von der Konzentration der wirklichen Ionen abhängen, nimmt er an, dass der katalytische Stoff die Eigenschaft hat, die Konzentration der beteiligten Ionen zu ändern. Gemäss dieser veränderten Konzentration muss denn auch die Reaktionsgeschwindigkeit sich ändern.

Soviel ich sehe, ist eine solche Theorie formal durchführbar, d. h. es wird im allgemeinen möglich sein, die erforderlichen Annahmen zu machen, ohne mit den Gesetzen der allgemeinen Chemie in Widerspruch zu geraten. Ob sich aber nicht später Widersprüche einstellen werden, wenn man die erforderlichen Annahmen für eine Anzahl von Stoffen gemacht und dann deren wechselseitige Reaktionsgeschwindigkeiten bestimmt hat, lässt sich jetzt noch nicht absehen. Insbesondere scheint mir eine wesentliche Schwierigkeit in der mehrfach konstatierten Thatsache zu liegen, dass zwei Katalysatoren bei gemeinsamer Wirkung oft eine ganz unverhältnismässig viel grössere Beschleunigung bewirken, als sich aus der Summierung ihrer Einzelwirkungen berechnet. Hier lässt sich nicht absehen, wie durch die gleichzeitige Wirkung der beiden Katalysatoren (z. B. Cupriion und Ferriion) so sehr viel grössere Mengen der reaktionsfähigen Ionen gebildet werden sollen, als diese einzeln bilden können.

Man wird also auch von dieser Theorie sagen können, dass sie einige Katalysen, aber keineswegs alle wird deuten können.

Einen verwickelteren Fall katalytischer Erscheinungen bilden solche Vorgänge, wo die an der Reaktion beteiligten Stoffe selbst noch ausserdem katalytisch wirken. Ich will von den hier vorhandenen Möglichkeiten der Autokatalyse nur den Fall erwähnen, dass durch die Reaktion selbst ein Beschleuniger entsteht. Dies tritt beispielsweise bei einer der bekanntesten Reaktionen, der Auflösung der Metalle in Salpetersäure, ein. Die hierbei entstehende salpetrige Säure beschleunigt in hohem Grade die Geschwindigkeit der Einwirkung der Salpetersäure, und dadurch kommt folgende Erscheinung zu stande.

Wird das Metall in die reine Säure gebracht, so beginnt die Reaktion äusserst langsam. In dem Masse, wie sie fortschreitet, wird sie schneller, und schliesslich stürmisch. Ist diese Periode vorüber, so verlangsamt sich der Prozess und endet mit einer gegen Null konvergierenden Geschwindigkeit.

Dieses steht in auffallendem Widerspruche mit dem gewöhnlichen Verlauf der Reaktionen, die mit der grössten Geschwindigkeit beginnen und wegen des allmählichen Verbrauches der wirkenden Stoffe immer langsamer werden.

Hier drängen sich die physiologischen Analogien unwiderstehlich auf; es ist eine typische Fiebererscheinung. Und noch eine andere wichtige physiologische Thatsache lässt sich

auf gleichem Wege illustrieren: die Gewöhnung und das Gedächtnis. Ich habe hier zwei Proben derselben Salpetersäure, die nur dadurch verschieden sind, dass ich in der einen vorher ein Stückchen Kupfer aufgelöst habe. Ich bringe zwei gleiche Kupferbleche in die beiden Säuren, die in demselben Wassergefäss stehen, damit sie die gleiche Temperatur haben. Alsbald sehen Sie, dass die Säure, welche schon einmal Kupfer gelöst hatte, sich an diese Arbeit „gewöhnt" hat und sie sehr geschickt und geschwind auszuführen beginnt, während die ungeübte Säure mit dem Kupfer nichts anzufangen weiss und ihre Wirkung so träge und ungeschickt ausführt, dass wir sie nicht abwarten können. Dass es sich um eine Katalyse durch salpetrige Säure handelt, wird ersichtlich, wenn ich etwas Natriumnitrit zur trägen Säure füge: alsbald wird auch hier das Kupfer angegriffen und aufgelöst.

3. Heterogene Katalyse. Der bestbekannte Fall der heterogenen Katalyse ist die Wirkung des Platins auf verbrennliche Gasgemenge. Während früher die Erscheinungen am Knallgase im Vordergrunde des Interesses standen, ist gegenwärtig aus praktischen Gründen die Verbrennung des Schwefeldioxyds zu Trioxyd die wichtigste von allen geworden.

Auch in allen diesen Fällen handelt es sich wohl um Beschleunigungen langsamer Reaktionen, wenn auch zugegeben werden muss, dass beispielsweise beim Knallgase noch keine Wasserbildung bei gewöhnlicher Temperatur ohne Katalysator nachgewiesen worden ist.

Aber die Stetigkeit bei der Änderung der Geschwindigkeit mit der Temperatur berechtigt uns hier zu der Vermutung, dass thatsächlich eine sehr kleine Reaktionsgeschwindigkeit. auch bei gewöhnlicher Temperatur stattfindet. Dass sie so besonders klein ist, entspricht der allgemeinen Thatsache, dass alle Gasreaktionen verhältnismässig sehr langsam stattfinden.

Diese wichtige Thatsache tritt z. B. deutlich bei den Versuchen von Berthelot und Péan de St. Gilles hervor. Es wurde die Esterbildung aus Säure und Alkohol bei geicher Temperatur in zwei Versuchen verglichen, wo einerseits die Stoffe flüssig, andererseits dampfförmig waren. Wenn auch die Versuche keine genaue Berechnung gestatten, ob die Verlangsamung durch die starke Verminderung der Konzentrationen vollständig erklärbar ist, oder ob sie (was wahrscheinlicher ist) noch mehr austrägt, kommt nicht in Frage; es genügt zu wissen, dass durch den Übergang in Dampfgehalt die Reaktionsgeschwindigkeit etwa auf den 1000sten Teil herabgedrückt wurde.

Hierauf kann man nun eine Theorie der eben erwähnten Beschleunigungen gründen, deren Grundlagen mir von Dr. Bodenstein angegeben worden sind. Denken wir uns, dass aus dem gasförmigen Gebilde bei der vorhandenen Temperatur ein Teil in den flüssigen Zustand versetzt wird oder eine diesem Zustande entsprechende Dichte annimmt, so wird in diesem Teile die Reaktion entsprechend schneller stattfinden, und die flüssigen Anteile der Ausgangsstoffe werden sich in die Endprodukte verwandeln. Ist nun die verflüssigende oder verdichtende Ursache von der Beschaffenheit, dass sie nach dem Verbrauch des ersten verdichteten Teils neue Mengen der Ausgangsstoffe verdichtet, so werden auch diese schnell reagieren, und so fort; das Ergebnis ist eine Beschleunigung der Reaktion. Eine solche Wirkung seitens des Platins auf die Gase ist ganz wohl möglich.

Ich möchte auch mit dieser Darlegung nicht behaupten, dass die Platinkatalysen wirklich auf solche Weise erfolgen, sondern nur eine Möglichkeit betonen, wie sie stattfinden können. Wir hätten dann hier den einfachsten und reinsten Fall der beschleunigenden Zwischenreaktion, auf den ich bereits früher hingewiesen habe.

Wie Prof. Bredig mir jüngst mündlich dargelegt hat, lässt sich an einem flüssigen Mittel, in welchem kleine Massen einer anderen Flüssigkeit suspendiert sind, der Mechanismus einer solchen Beschleunigung erläutern. Wenn diese suspendierte Flüssigkeit die Eigenschaft hat, dass in ihr die Reaktion der vorhandenen Stoffe schneller stattfindet als in der Hauptmasse, so würden zunächst die dort befindlichen Anteile der Reagentien sich umwandeln. Es würde das Produkt in die äussere Flüssigkeit hinausdiffundieren, und ebenso würden neue Mengen der Reagentien hineintreten, da durch die Diffusion die Konzentrationen der verschiedenen Stoffe immer wieder ausgeglichen werden. Es würde hierdurch nacheinander die ganze Menge der Reagentien den Weg durch die suspendierte Flüssigkeit nehmen und dort reagieren; das Ergebnis ist eine Beschleunigung der Reaktion.

Was hier dargelegt wurde, lässt sich nach Bredig vielleicht auch auf den Fall anwenden, dass der Katalysator im kolloidalen Zustande in der Flüssigkeit vorhanden ist. Bekanntlich hat Prof. Bredig mit seinen Schülern in einer Reihe ausgezeichneter Arbeiten die mannigfaltigen und energischen katalytischen Wirkungen gezeigt und gemessen, welche das von ihm hergestellte kolloidale Platin und andere kolloidale Metalle ausüben können. Auch hat er wiederholt betont, dass die natürlich vorkommenden, so überaus wirksamen Katalysatoren, die Enzyme, sich gleichfalls immer im Zustande kolloidaler Lösung oder Suspension befinden.

Auch diese Betrachtungen haben keinen anderen Anspruch, als den, experimentell prüf-

bare Vermutungen zu sein. Ich möchte aber nicht unterlassen, Ihre Aufmerksamkeit darauf zu lenken, dass erst die Auffassung der Katalysatoren als Beschleuniger es ermöglicht hat, überhaupt solche wissenschaftlich prüfbare Vermutungen aufzustellen. Man versuche einmal, Ähnliches mittels Molekularschwingungen zu erreichen.

4. Die Enzyme. Dass die Verzuckerung der Stärke durch Säuren der durch Malzauszug an die Seite zu stellen ist, war für Berzelius keinem Zweifel unterworfen. Die gleiche Auffassung hatten Payen und Persoz, welche den wirksamen Stoff, die Diastase, isolierten, oder wenigstens in konzentrierter Gestalt herstellten. Das gleiche gilt für Liebig und Wöhler, die in einer ausgezeichneten Arbeit die Zersetzung des Amygdalins unter dem katalytischen Einflusse des Emulsins studierten.

Auch haben die neueren Untersuchungen über die Gesetze der Enzymwirkungen meines Erachtens nicht ergeben, was irgend einen grundsätzlichen Unterschied zwischen beiden Arten der Wirkung aufzustellen Veranlassung gäbe. Im Gegenteil, die bereits erwähnten Arbeiten Bredigs haben weit eingehendere Übereinstimmungen erkennen lassen, als sich vermuten liess.

Wir werden also in den Enzymen Katalysatoren sehen, welche im Organismus während des Lebens der Zellen entstehen und durch deren Wirkung das Lebewesen den grössten Teil seiner chemischen Aufgaben erledigt. Nicht nur Verdauung und Assimilation wird von Anfang bis zu Ende durch Enzyme geregelt, auch die fundamentale Lebensthätigkeit der meisten Organismen, die Beschaffung der erforderlichen chemischen Energie durch Verbrennung auf Kosten des Luftsauerstoffes, erfolgt unter entscheidender Mitwirkung von Enzymen und wäre ohne diese unmöglich. Denn der freie Sauerstoff ist, wie bekannt, ein sehr träger Stoff bei den Temperaturen der Organismen, und ohne Beschleunigung seiner Reaktionsgeschwindigkeit wäre die Erhaltung des Lebens unmöglich.

Schon Berzelius hat auf die entscheidende Bedeutung hingewiesen, welche den Enzymen im Haushalte der Lebewesen zukommt. In der That, stellen wir die grundsätzliche Frage, was das physiko-chemische Kennzeichen der Lebenserscheinungen ist, so wird die Antwort sein: eine selbstthätig geregelte Beschaffung und Verwendung der chemischen Energie für die Bethätigung, Erhaltung und Vermehrung des Lebewesens. Nun haben wir drei verschiedene Mittel, die chemische Reaktionsgeschwindigkeit zu beeinflussen: die Temperatur, die Konzentration und die Katalyse. Von diesen dreien ist die erste für den Organismus nicht beliebig einstellbar; ja, wir sehen, dass die höheren Tiere, denen besonders verwickelte und fein geregelte Leistungen obliegen, sich von diesem Einflusse ganz frei machen, indem sie thermostatische Vorrichtungen ausbilden, mittels deren sie ihre Körpertemperatur innerhalb enger Grenzen konstant erhalten können. Die Konzentrationen sind vielfach durch die Löslichkeit der Stoffe begrenzt; es bleibt als überall anwendbares Mittel zur Regelung der Reaktionsgeschwindigkeiten nur noch die Anwendung von Katalysatoren übrig, welche allerdings die Aufgabe mit idealer Vollkommenheit zu lösen gestatten.

Ich darf mich in diese physiologischen Fragen nicht vertiefen, wollte aber nicht unterlassen, auf die allgemeine Bedeutung der Katalyse nach dieser Richtung hinzuweisen. Dies scheint mir gerade zu unserer Zeit besonders notwendig. Da die älteren Kenntnisse und Begriffe der Chemie, die sich wesentlich auf die Herstellung und die systematischen und genetischen Zusammenhänge der Stoffe bezogen, und die Gesetze des Gleichgewichts und der Umwandlung derselben ausser Betracht liessen, für die Erklärung der physiologischen Erscheinungen sich vielfach als unzulänglich erwiesen haben, so macht sich jetzt eine Auffassung geltend, als sei die Chemie und Physik überhaupt ausser stande, zur Lösung des Rätsels vom Leben etwas Entscheidendes beizutragen. Hiergegen möchte ich mit allem Nachdruck darauf hinweisen, dass die physikalische oder allgemeine Chemie, in deren Gebiet diese Fragen zum allergrössten Teile fallen, eine sehr junge Wissenschaft ist. Diejenigen von Ihnen, welche 1892 die Heidelberger Naturforscherversammlung besucht haben, werden sich erinnern, dass sie sozusagen damals zum ersten Male als eben erwachsenes Fräulein an die Öffentlichkeit trat. Bisher hat sie noch so viel im eigenen Hause zu thun gefunden, dass ihre Bethätigung in den Nachbargebieten nur selten hat erfolgen können; auch darf nicht verschwiegen werden, dass manche unberufene Hand die hier vorhandenen Früchte hat pflücken wollen, ohne Verständnis, wie man mit ihnen umzugehen hat. Es ist meine volle, wiederholt ausgesprochene, wissenschaftliche Überzeugung, dass durch die neueren Fortschritte der Chemie der Physiologie eine Entwickelung bevorsteht, welche an Bedeutung der nichts nachgeben wird, welche Liebig seinerzeit durch die erste systematische Anwendung der chemischen Wissenschaft bewirkt hat.

Was nun die Eigenschaften der Enzyme anlangt, so sind diese bisher vorwiegend qualitativ untersucht worden. Die quantitative Arbeit stösst auf grosse Schwierigkeiten, die in der Veränderlichkeit dieser Stoffe liegen, die meist mit dem Verluste der katalytischen Wirkung verbunden ist. Die bisher untersuchten

Enzyme zeigen im wesentlichen die chemischen Eigenschaften der Eiweissstoffe, doch sind über die Frage nach ihrer chemischen Natur die Akten noch keineswegs geschlossen. Ich möchte meine Überzeugung dahin aussprechen, dass bei eingehenderer Forschung Übergänge zwischen den eiweissartigen Produkten, an denen bisher Enzymwirkungen nachgewiesen worden sind, und den einfacher zusammengesetzten Stoffen der organischen Chemie sich werden finden lassen. So scheint beispielsweise die katalytische Beschleunigung gewisser Oxydationswirkungen, welche dem Hämoglobin eigen ist, auch in den eiweissfreien Abkömmlingen, insbesondere im Hämatin, noch erhalten zu sein, und eine Verfolgung dieser Verhältnisse in den Abbauprodukten des Blutfarbstoffes wäre von nicht geringem Interesse.

In den wenigen Fällen, in denen der Geschwindigkeitsverlauf einer Enzymwirkung einigermassen einwandfrei studiert worden ist, haben sich widersprechende Resultate gezeigt; während die einen Autoren eine weitgehende Übereinstimmung mit den einfachen Gesetzen gefunden haben, die für die anorganischen Katalysatoren gültig sind, konstatierten die anderen Abweichungen. Einer mir vorliegenden, noch unveröffentlichten Untersuchung, der ich ein grosses Zutrauen zu schenken geneigt bin, entnehme ich, dass in der That das Zeitgesetz der Enzymwirkung von dem einfachsten Schema der Reaktionsgeschwindigkeit abweicht; doch ist auch diese Frage noch keineswegs spruchreif.

Die Frage nach dem Umfange der Stoffe, welche durch ein gegebenes Enzym nach einem gewissen Schema verändert (z. B. hydrolytisch gespalten) werden, ist gleichfalls erst in ihren Anfangsstadien begriffen und es scheinen hier ähnliche Mannigfaltigkeiten vorzuliegen, wie bei den anderen Katalysatoren. Die schönen Untersuchungen von E. Fischer haben gezeigt, dass gelegentlich sehr geringe Verschiedenheiten, welche die heutige Chemie als stereochemische deutet, Verschiedenheiten in der Wirkung eines gegebenen Enzyms verursachen können. Ob dies mit einer etwaigen asymmetrischen Beschaffenheit des Enzyms selbst zusammenhängt, oder auf anderen Gründen beruht, scheint mir noch nicht unzweideutig entschieden zu sein.

Meine Herren! Ich muss zum Schlusse eilen. Ich habe Ihnen nicht einigermassen abgerundete Ergebnisse eines wohluntersuchten Gebietes vorlegen können, sondern habe meine Aufgabe darin suchen müssen, Ihnen weite Gebiete fruchtbaren Landes zu weisen, das nur hier und da die ersten Anfänge systematischer Bebauung zeigt, dessen Fruchtbarkeit und Wichtigkeit aber bereits ausserhalb jedes Zweifels steht. Lag dieses Land auch ausserhalb der Gebiete, in denen die Chemie der Vergangenheit sich heimisch fühlte, so hat unsere rastlos vorwärtsstrebende Wissenschaft doch jetzt schon begonnen, mit ihren neuen Geräten den neuen Acker fruchtbar zu machen. Dass es nicht nur das chemisch-wissenschaftliche Interesse ist, welches hier die Arbeit dankbar macht, glaube ich Ihnen am Beispiel der physiologischen Anwendungen bereits gezeigt zu haben. Dass aber auch in technischer Beziehung die wissenschaftliche Kenntnis und Beherrschung der katalytischen Erscheinungen unabsehbare Folgen haben muss, tritt schon jetzt bei der mehr zufälligen Anwendung dieses Hilfsmittels hervor. Der letzte grosse Triumph der deutschen technischen Chemie, die Synthese des Indigos, welche eben die wirtschaftlichen Verhältnisse ganzer Länder umgestaltet, enthält als einen wesentlichen Faktor eine neue Katalyse; die Oxydation des Naphtalins durch Schwefelsäure lässt sich nur bei Gegenwart von Quecksilber genügend schnell und glatt durchführen. Dass die Schwefelsäure selbst sowohl nach dem alten wie dem neuen Verfahren auf katalytischem Wege gewonnen wird, brauche ich nur zu erwähnen. Überlegt man, dass die Beschleunigung der Reaktionen durch katalytische Mittel ohne Aufwand von Energie, also in solchem Sinne gratis vor sich geht und dass in aller Technik, also auch in der chemischen, Zeit Geld ist, so sehen Sie, dass die systematische Benutzung katalytischer Hilfsmittel die tiefgehendsten Umwandlungen in der Technik erwarten lässt.

Meine Herren! Erlauben Sie mir, mit einer persönlichen Erinnerung zu schliessen. Als vor vier Jahren das Leipziger physikalisch-chemische Institut in sein schönes, neues Heim übersiedelte, ging ich nicht ohne Sorge der neuen Periode entgegen. Die eben abgeschlossene war so fruchtbar gewesen. Grosse Gebiete, wie die chemische Dynamik und die Elektrochemie, hatten grundsätzliche Förderungen erfahren, und es schien, als sollte für das neue Heim an Stelle der frischfröhlichen Eroberungszüge ins neue Land nur noch die nüchterne Aufgabe der Durcharbeitung des Gewonnenen übrig bleiben. Da sagte ich mir: ein Stückchen Urwald wenigstens müssen wir haben, und die Lust des Vordringens ins möglichst Unbekannte wollen wir um keinen Preis missen. Und von allen Richtungen, die wir zu diesem Zwecke einschlagen konnten, schien mir keine dankbarer und hoffnungsreicher als die Katalyse. Ich hoffe auch Sie, meine Herren, überzeugt zu haben, dass ich mich in dieser Wahl nicht getäuscht hatte.

(Eingegangen 21. Oktober 1901.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Der Schiffskompass.

Von H. Meldau in Bremen.

Jahrhunderte lang nach seiner Erfindung ist der Schiffskompass ein höchst einfaches Instrument geblieben. Sein Hauptbestandteil, die Kompassrose, wurde aus einer Pappscheibe verfertigt, die auf ihrer Oberfläche mit der Kompassstrichteilung (Windrose) versehen war, während sich unter der Scheibe eine einfache ovale an den Enden zugespitzte Magnetnadel befand. In einer Durchbohrung im Mittelpunkte der Scheibe war ein aus Messing verfertigtes Hütchen eingeschraubt, mit dem die Rose auf einer Messingspitze, der Pinne, ruhte. Um die Rose vor Wind und Wetter zu schützen, war sie in einen hölzernen mit einer Glasplatte bedeckten Kompasskessel eingeschlossen, der mitschiffs aufgestellt und durch kardanische Aufhängung möglichst den schwankenden Bewegungen des Schiffes entzogen wurde. Ein vorn an der inneren Wand des Kompasskessels angebrachter Steuerstrich zeigte den gesteuerten Kurs an der Rosenteilung an.

In dieser einfachen Gestalt hat der Kompass den Seefahrern Jahrhunderte lang unschätzbare Dienste geleistet. Erst das neunzehnte Jahrhundert hat durchgreifende Verbesserungen an ihm vorgenommen und hat insbesondere an die Stelle der alten primitiven Kompassrose ein physikalisch wohl durchdachtes System mit sorgfältig gegeneinander abgewogenen mechanischen und magnetischen Eigenschaften gesetzt.

Unter den Forderungen, die an einen brauchbaren Schiffskompass gestellt werden müssen, stehen das Einstellungsvermögen und die Ruhe der Rose in erster Linie.

Um die äusseren Bedingungen, denen die Rose an Bord unterworfen ist, möglichst günstig zu gestalten, hat man zunächst die kardanische Aufhängung zu verbessern gesucht. Statt cylindrischer Zapfen verwendet man zum Aufhängen des Kompasskessels stumpfe Schneiden oder Lager mit Friktionsrollen. Erschütterungen des Schiffskörpers, wie sie auf Dampfern durch das Arbeiten der Maschine, auf Kriegsschiffen auch durch das Abfeuern der Geschütze entstehen, sucht man nach W. Thomsons Vorschlage dadurch von der Rose fernzuhalten, dass man den mittleren Ring der Aufhängevorrichtung aus einem Bündel zusammengedrehter Messingdrähte herstellt und an diesem elastischen Ringe den Kessel an kurzen Ketten aufhängt. Der aus Messing oder Kupfer verfertigte starkwandige Kompasskessel ist am Boden beschwert, um eine sichere Einstellung in die Vertikale zu verbürgen.[1]) Die Spitze der Pinne wird genau in den Schnittpunkt der Drehungsachsen der kardanischen Aufhängevorrichtung verlegt, so dass sie trotz etwaiger Pendelschwingungen des Kessels relativ in Ruhe bleibt. Damit die horizontale Lage der Rose selbst in allen magnetischen Breiten gewahrt bleibt, ist der Schwerpunkt der Rose hinreichend unter den Aufhängepunkt versenkt.[2])

Das Einstellungsvermögen der Rose ist proportional ihrer Richtkraft und umgekehrt proportional der zwischen Hütchen und Pinne stattfindenden Reibung, die für Trockenkompasse proportional dem Gesamtgewicht der Rose gesetzt werden kann. Bezeichnet M das magnetische Moment, λ das Verhältnis der mittleren an Bord nach magnetisch Nord wirkenden Komponente zur Horizontalintensität H des Erdmagnetismus und G das Gewicht der Rose, so ist das Einstellungsvermögen durch den Ausdruck gegeben:

$$E = f \cdot \frac{M \cdot \lambda \cdot H}{G}.$$

Da λ immer kleiner als 1 ist[3]), so muss gefordert werden, dass sich die Rose an einem eisenfreien Orte bei mittlerem Werte der Horizontalkraft auf $0{,}1^0$ bis $0{,}2^0$ genau einstellt.

Um den Faktor f möglichst klein zu machen, wendet man als Hütchen polierte Edelsteine, als Pinnen Iridium- oder gehärtete Stahlspitzen an. Der Faktor ist natürlich um so kleiner, je spitzer die Pinne angeschliffen ist. Hierbei ist aber gehörige Rücksicht auf das Gewicht der Rose zu nehmen; je grösser dieses ist, um so stumpfer muss die Pinne gehalten werden, um bei den Erschütterungen des Schiffes ein Einbohren der Spitze in das Hütchen zu verhindern.

Ein ungenügendes magnetisches Moment war in früheren Zeiten der Hauptfehler, über den die Seeleute bei ihren Kompassen zu klagen hatten. Gegenwärtig macht die Herstellung von guten Nadeln mit ausserordentlich konstantem Magnetismus keine Schwierigkeit, so dass der Erzielung eines fast beliebig grossen magnetischen Momentes praktisch nichts im Wege steht. Allerdings ist bei gegebener Form des Magnetsystems und gegebener Stahlsorte eine Vergrösserung des magnetischen Momentes

1) Der Thomsonsche Kompasskessel ist mit einem Doppelboden versehen, dessen Raum zur Mässigung der Pendelbewegungen des Kessels mit Castoröl nahezu ausgefüllt ist.

2) Nur die älteren Rosen haben Laufgewichte.

3) Auf Kauffahrteischiffen hat λ gewöhnlich einen Wert zwischen 0,8 und 0,9; auf Kriegsschiffen sinkt λ, zumal in Panzertürmen, nicht selten bis 0,3.

immer mit einer Vergrösserung des Gewichtes verbunden, so dass die Aufgabe ist, nicht sowohl M, als vielmehr den Quotienten $\frac{M}{G}$ zu einem Maximum zu machen. Bei der Lösung dieser Aufgabe ist übrigens im Auge zu behalten, dass bei grösserem Gewichte eine raschere Abnutzung von Stein und Pinne stattfindet, so dass bei schweren Rosen ein weit grösseres $\frac{M}{G}$ vorhanden sein muss, als bei leichteren. Ferner ist bei der Auswahl des Magnetsystems auf die Kompensation des Kompasses Rücksicht zu nehmen. Je kleiner die Nadeln sind, um so weniger ist das Auftreten sextantaler und oktantaler Deviationen beim Anbringen von Magneten und weichen Eisenmassen in der Nähe des Kompasses zu befürchten.[1]) Auch werden durch Rosen mit grossem magnetischen Moment in den zur Kompensation benutzen weichen Eisenmassen leicht Pole erzeugt, die eine für alle magnetischen Breiten exakte Beseitigung der quadrantalen Deviation vereiteln. Endlich ist die Grösse des magnetischen Momentes von entscheidendem Einfluss auf die Ruhe der Rose. Während man lange Zeit der Meinung gewesen war, dass ein Kompass um so besser arbeiten müsse, ein je grösseres Moment die Rose besitze, ist erst von W. Thomson darauf hingewiesen worden, dass mit der Vergrösserung des magnetischen Momentes die Schwingungsdauer abnimmt und die Bewegungen der Rose deshalb lebhafter und unruhiger werden.

Eine ganze Reihe von Gründen vereinigen sich demnach, für die Rose eines Schiffskompasses keineswegs ein möglichst grosses magnetisches Moment wünschenswert erscheinen zu lassen. Im Gegenteil hat man danach zu streben, mit einem möglichst geringen Momente auszukommen unter gleichzeitiger Wahrung eines genügenden Einstellungsvermögens durch Verringerung des Gewichtes der Rose. Unter eine gewisse Grenze darf man allerdings mit dem magnetischen Momente nicht gehen, auch wenn man dabei einen günstigen Wert von $\frac{M}{G}$ erzielen könnte, weil das Einstellungsvermögen bei Verunreinigung des Hütchens oder der Pinne durch Staub und dergl. um so leichter leidet, je geringer das magnetische Moment an und für sich ist.

Die Ruhe der Kompassrose wird an Bord durch mechanische und magnetische Ursachen gefährdet. Da der Schwerpunkt der Rose wegen der Vertikalkomponente der erdmagnetischen Kraft im allgemeinen nicht genau unter dem Unterstützungspunkte liegt, so erfährt die Rose beim Schlingern des Schiffes auf allen Kursen ausser den Kompasskursen O und W ein mehr oder minder grosses Drehungsmoment. Ferner ist, wenn bei Erschütterungen des Schiffes die Rose auf der Pinne tanzt, die Möglichkeit gegeben, dass excentrische Stösse auf die Rose von seiten der Pinne ausgeübt werden. In vielen Fällen hat man ausserdem mit einem Krängungsfehler zu rechnen. Ist am Kompassorte eine vom Schiffe herrührende, senkrecht zum Deck wirkende magnetische Kraft vorhanden, die beim Schlingern des Fahrzeuges bald eine Komponente nach der einen, bald eine solche nach der anderen Seite erzeugt, so ist dadurch die Ruhe der Rose aufs ernstlichste in Frage gestellt. Endlich kann die Rose bei schnellen Kursänderungen auch dadurch in Schwingungen geraten, dass ihre Gleichgewichtslage selbst wegen der veränderten Wirkung der Schiffskräfte eine andere geworden ist.

Die Ruhe der Rose ist Jahrhunderte lang das grosse Geheimnis der Konstruktion des Schiffskompasses gewesen. Viele Erfindungen, besonders um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, beschäftigten sich mit der Lösung dieses Problems. Man liess beispielsweise kleine Gewichte vom Kompassdeckel herabhängen, die bei heftigen Bewegungen auf dem Rosenblatte gleiten sollten, oder man brachte unterhalb des Hütchens einen Ring an, der gegebenen Falls am Rosenträger schleifen und so als Bremse wirken sollte u. a. m. Der biedere Seemann suchte sich in seiner Not wohl dadurch zu helfen, dass er die Pinne mit einem Hammer bearbeitete oder gar das Hütchen mit Ziegelsteinmehl füllte. Im günstigsten Falle beschränkte man sich darauf, das Gewicht der Rose durch aufgelegte Bleistücke oder starke Ringe von geringem Durchmesser zu vergrössern oder man wandte bei schlechtem Wetter besondere schwere „Sturmrosen" an: immer war es die Vermehrung der Reibung, wodurch man die allzu lebhafte Rose zügeln zu können hoffte.

Erst durch W. Thomson wurde dieser Irrtum zerstört; er zeigte, dass durch Vergrösserung der Reibung nicht Ruhe, sondern im Gegenteil Unstetigkeit erzeugt wird, und dass für die Ruhe der Rose durchaus nicht ihr Gewicht, sondern ihre Schwingungsdauer massgebend ist. Es kommt darauf an, die Schwingungsdauer der Rose erheblich grösser zu machen als diejenige des Schiffes, die im allgemeinen 14 bis 18 Sekunden nicht übersteigt.

Ist eine Kompassrose in Schwingungen geraten, so kommt für die Abnahme der Schwingungsbögen ausser der Reibung an der Pinne fast nur der Luftwiderstand in Frage, eine Dämpfung durch induzierte Ströme in den Kesselwandungen ist wohl bei älteren Rosen mit

1) Über die geometrische Gestalt des Magnetsystems wird noch weiter unten die Rede sein.

grossem magnetischen Moment bemerkbar, für die neueren Rosen lässt sie sich jedoch nicht mehr nachweisen. Wenn trotzdem für diese Rosen das logarithmische Dekrement grösser ist als für jene, so liegt der Grund ohne Zweifel in der im Verhältnis zum magnetischen Moment viel beträchtlicheren Luftreibung.

Bisher war von den Drehungen der Rose um ihre Hauptachse die Rede; an Bord ist die Rose aber auch Impulsen zu Drehungen um horizontale Achsen ausgesetzt. Um die aus ihnen resultierenden Bewegungen möglichst zu beschränken und einfach zu gestalten, ist es wünschenswert, das Trägheitsmoment um diese Achsen gleich und möglichst gross zu machen. Es geschieht dies nach einem schon vor langer Zeit von Arch. Smith für die Normalrose der britischen Admiralität gemachten Vorschlage durch Anwendung mehrerer Magnetnadeln statt einer einzigen. Die einfachste Anordnung ist die, dass man zwei Nadeln mit ihren Enden je 30^0 vom Nord- und Südpunkte der Rosenteilung anbringt. In derselben Absicht hat man neuerdings auch sogen. Zirkelrosen konstruiert, bei denen kreisförmig gebogene Nadeln angewendet werden, deren Enden durch ein kurzes Messingstück getrennt sind. Die Inkonstanz der magnetischen Achse ist jedoch ein Grund gegen die Verwendung derartiger Magnetsysteme.

Der Hauptgesichtspunkt für die Bestimmung der geometrischen Gestalt des Magnetsystems ergiebt sich daraus, dass sich die Rose äusseren magnetischen Kräften gegenüber wie eine unendlich kleine Nadel verhalten soll. Die Notwendigkeit dieser Rücksichtnahme zeigte sich in eklatanter Weise im Jahre 1860 bei der Kompensation der Kompasse des berühmten „Great Eastern“. Nach Ausführung der Kompensation blieben Deviationen zurück im Betrage von 4^0 bis 5^0, die sich ausserordentlich schnell mit dem Kurswinkel änderten und deshalb sehr lästig waren. Die von Archibald Smith veranlasste theoretische und experimentelle Untersuchung lieferte den Nachweis, dass der Grund in der im Vergleich zur Entfernung der Kompensationsmittel nicht zu vernachlässigenden Nadellänge zu suchen sei. Gleichzeitig wurde gezeigt, wie man die beobachteten Störungen des normalen Verlaufes der Deviation durch Anwendung einer Mehrzahl von Nadeln vermeiden kann.[1])

Die mannigfachen an die Kompassrose zu stellenden Forderungen lassen sich nur durch sorgfältigen Ausgleich ihrer physikalischen Eigenschaften erfüllen. Es ist bekannt, dass W. Thomson nicht nur die wichtigsten theoretischen Grundsätze für die Konstruktion zuerst aufgestellt, sondern auch — nach dreijährigen Versuchen im Laboratorium und auf seiner Yacht — eine vorzügliche Lösung des Problemes gegeben hat, indem er den Rosenkörper aus Seidenfäden herstellte und das Trägheitsmoment der nur 13 g schweren Rose durch Verlegung der Massen an den Rand ausserordentlich gross machte. Von einer kleinen im Mittelpunkte befindlichen Aluminiumscheibe sind in gleichmässigen Zwischenräumen 32 Seidenfäden nach einem leichten Aluminiumringe von 25 cm Durchmesser gespannt. An diesen Ring ist das aus leichter Pausleinewand verfertigte Rosenblatt geklebt; der ganze mittlere Teil dieses Blattes ist herausgeschnitten, und es ist nur soviel stehen geblieben, als für eine deutliche Einteilung nach Strichen und Graden nötig ist. Die mittlere Scheibe ist durchbohrt und ruht auf dem Rande eines Hütchens, das mit einer Edelsteinkuppe versehen ist und mit dieser auf der fein angeschliffenen Pinne ruht. Das Magnetsystem der Rose besteht aus acht kleinen, vergoldeten, 5 bis 8 cm langen Nadeln, die durch Seidenfäden unter sich und mit dem Aluminiumringe verbunden sind. Zum Vergleich der Thomsonschen Rose mit der Normalrose der britischen Admiralität mögen hier die folgenden Zahlen als ungefähre Mittelwerte der für beide Rosenarten gültigen Daten angeführt werden:

	Normalrose	Thomsonsche Rose
Durchmesser	200 mm	250 mm
Gewicht	120 g	13 g
Länge der längsten Nadeln	200 mm	80 mm
Magnetisches Moment in Millionen G. E.	36	2,1
Trägheitsmoment T in Millionen G. E.	500	130
$\frac{M}{G}$	0,3	0,16
$\frac{T}{G}$	4,2	10
Schwingungsdauer	18 Sek.	38 Sek.

Aus diesen Zahlen geht hervor, wie sehr die Thomsonsche Rose auch der besten der früher konstruierten Kompassrosen überlegen ist. Thatsächlich hat sie denn auch bald nach ihrer Erfindung (1878) die Rosen älterer Konstruktion nicht nur von den Schiffen der Handelsmarine, sondern auch von denen der Kriegsmarinen aller seefahrenden Völker verdrängt. Sie ist vorbildlich für alle seit jener Zeit von verschiedenen Mechanikern konstruierten Rosentypen geworden. Unter diesen ist besonders die von Hechelmann in Hamburg hergestellte Form bemerkenswert, bei der auch die Magnetnadeln zur Vergrösserung des Trägheitmomentes aus der Mitte fortgenommen und am äusseren Rande des Rosenblattes mit Seidenfäden parallel zur Nord-Südlinie aufgehängt sind.

Schon lange vor den grundlegenden Thom-

1) Phil. Trans. Roy. Soc. 1861.

sonschen Versuchen hat man die Ruhe der Rose auf einem anderen Wege mit Erfolg zu erreichen versucht, nämlich durch die Konstruktion der Fluid- oder Schwimmkompasse. Bei diesen Kompassen ist der Kessel ganz mit einer aus verdünntem Alkohol bestehenden Flüssigkeit angefüllt. Mit der Rose ist ein Schwimmer verbunden, durch den ihr Gewicht bis auf wenige Gramme aufgehoben wird. Da die Rose gezwungen ist, sich in der Flüssigkeit zu drehen, so erfolgen ihre Bewegungen sehr ruhig. Ausserdem wird die Rose durch die Erschütterungen des Schiffskörpers weniger beeinflusst, da der Kessel, die Flüssigkeit und die Rose diesen Erschütterungen gegenüber ein Ganzes bilden. Der Kompasskessel ist mit einer elastischen Wellblechkapsel oder einer sonstigen Vorrichtung zu versehen, um der starken Ausdehnung des Alkohols mit der Temperatur Rechnung zu tragen. Selbstverständlich müssen für die Rose eines Schwimmkompasses wegen der inneren Reibung der Flüssigkeit sehr viel stärkere Magnetsysteme zur Anwendung gebracht werden, als sie für Trockenkompasse nötig sind; man hat Fluidkompassrosen, deren magnetisches Moment 70 bis 80 Mill. G. E. beträgt. Für solche Kompasse lässt sich die Kompensation eines grösseren Betrages von quadrantaler Deviation durch weiche Eisenmassen nur unter Zuhilfenahme der Nadelinduktion erreichen, die Kompensation bleibt dann bei Veränderung der magnetischen Breite nicht exakt. Bei verschiedenen Kompasssystemen (Peichlscher Kompass, Kompensationskompass der Kaiserlichen Marine u. a.) sind weiche Eisenmassen zur Verstärkung der Richtkraft und gleichzeitig zur Kompensation der Quadrantaldeviation am Kompasskessel selbst, also innerhalb des Kardanringes angebracht. Die Einstellung dieser Eisenmassen kann an einer Skala abgelesen und bei Veränderung der magnetischen Breite der Änderung der Horizontalintensität entsprechend berichtigt werden. Die Beschreibung dieser Kompasse gehört jedoch nicht eigentlich zum vorliegenden Thema, sondern zum Kapitel der Kompensationsvorrichtungen.

(Eingegangen 13. Januar 1902.)

BESPRECHUNGEN.

H. W. Bakhuis Roozeboom, Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre. 1. Heft: Die Phasenlehre. — Systeme aus einer Komponente. gr. 8⁰. XIII u. 221 S. mit 54 Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1901. Mk. 5.50.

Das vorliegende Buch soll ein Gesamtbild vom jetzigen Stande unserer Kenntnisse über die Gleichgewichte in heterogenen Systemen geben. Als Ausgangspunkt und Führerin dient hierzu die Phasenlehre, welche der Verf. im Jahre 1887 zum ersten Male für eine Skizze der Klassifikation des chemischen und physikalischen Gleichgewichts benutzt hat. Über den Gegenstand besitzten wir bereits zwei Bücher, das kleine von Meyerhoffer (Wien 1893) und das etwas umfangreichere von Bancroft: The Phase Rule (Ithaca N. Y, 1897). Seitdem sind eine Reihe von Jahren vergangen, viel neues Material ist durch die Arbeit der physikalischen Chemiker zu Tage gefördert, so dass beide schon als veraltet betrachtet werden können.

Der Verf., dessen Arbeiten auf dem Gebiete der Phasenregel allgemein bekannt sein dürften, war wie kein anderer geeignet, das ganze Gebiet neu zu bearbeiten; es ist ihm auch in der That gelungen, ein in jeder Hinsicht brauchbares und gutes Buch zu schaffen. Nach einer Einleitung wird die Phasenlehre abgeleitet, wobei die mathematische Behandlung möglichst einfach gehalten ist. Den weiteren Inhalt des Buchs bildet die Besprechung der Systeme aus einer Komponente. Sehr zu loben ist die streng systematische Einteilung des ganzen Gebiets und die scharfe Kennzeichnung der verschiedenen Kategorien. Durch die ausgedehnte Verwertung der graphischen Darstellung werden die Verhältnisse auch demjenigen klar gemacht, dessen mathematische Kenntnisse noch grosse Lücken zeigen.

Das Buch kann in jeder Hinsicht dem, der sich eine Übersicht über dies Gebiet verschaffen will, auf das wärmste empfohlen werden.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 13. Dezember 1901.)

F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik (XVII und 610 S., Leipzig und Berlin 1901).

Aus Kohlrauschs Leitfaden der praktischen Physik ist in der neunten Auflage ein Lehrbuch der praktischen Physik geworden. Diese kleine Änderung der Tendenz ist durch die inzwischen erfolgte Abgliederung des kleinen Leitfadens gerechtfertigt und gipfelt in dem Ziele, für die Zwecke des Übungslaboratoriums die wohlbedachte Auswahl des kleinen Leitfadens zu

reservieren, mit dem Lehrbuche aber ein systematisches, möglichst vollständiges Spezialwerk über die physikalischen Messmethoden, Laboratoriumshilfsmittel und die Messpraxis zu schaffen. In einer deutschen physikalischen Zeitschrift ein Wort zu verlieren, in wie vollendeter Weise auch wieder diese neueste Auflage das geistige Handwerkszeug des experimentierenden Physikers darbietet, hiesse Eulen nach Athen tragen. Indes sei hervorgehoben, dass der Verf. mit bewundernswerter Elastizität und Sorgfalt eine Umarbeitung des Buches auf einheitlicher moderner Grundlage vorgenommen und das Material bis in die neuesten und intimsten Gebiete hinein reich ergänzt hat. Das erstere kommt namentlich in dem gegenwärtig am meisten fluktuierenden Gebiete der Physik, der Elektrizitätslehre, zum Ausdruck; als typisch für das Zweite seien aus vielem anderen heraus genannt die Kapitel: Über Wärmestrahlung und schwarze Strahlung, wo man zugleich eine knappe und klare Übersicht über die Gesetze der schwarzen Strahlung findet; Beziehungen der elektrischen Spannung zur Chemie der Lösungen; Messungen an Wechselströmen; Wechselstromdynamomaschinen; Transformatoren; elektrische Lampen; Geisslersche Röhren; Kathodenstrahlen, wo man ausser praktischen Winken die Grundlagen der modernen Kathodenstrahltheorie findet; Hertzsche Wellen (von Arons bearbeitet). Die Zahl der Tabellen ist von 39 auf 54 erweitert. Die Gesamtgruppierung des Stoffes ist in einigen Punkten wesentlich zweckmässiger gestaltet.

Alles in allem hat man den Eindruck, dass sich das Buch nachgerade asymptotisch der Linie nähert, über die hinaus es nicht mehr vervollkommnet werden kann. An der glanzvollen Entwickelung der deutschen Physikerschule hat das Kohlrauschsche Buch in allen seinen Auflagen einen schwerwiegenden Anteil gehabt. Mit der neuen Auflage und mit dem veränderten Namen wird es sicherlich dieser seiner schönen Mission treu bleiben und reichen Segen zu stiften fortfahren. H. Th. Simon.

(Eingegangen 6. Januar 1902.)

K. Koppe, Anfangsgründe der Physik. Ausgabe B, II. Teil, Hauptlehrgang. Kürzere Ausgabe: Grundriss der Physik, bearbeitet von A. Husmann. gr. 8. VIII und 360 Seiten mit 252 Holzschnitten und einer Sternkarte. Essen, G. D. Baedeker. 1902. Mk. 4.60

Das verdienstvolle, altbekannte Koppesche Lehrbuch hat in Husmann einen trefflichen Bearbeiter gefunden, der die gewiss nicht leichte Aufgabe gelöst hat, das mehr als 50 Jahre alte Werk für die Anforderungen der Jetztzeit zuzustutzen, ohne dessen Charakter ganz zu beseitigen. Die vorliegende gekürzte Ausgabe ist vorwiegend für gymnasiale Anstalten bestimmt. Dass in ihr kompliziertere Rechnungen aus dem Gebiete der Mechanik beseitigt wurden, kann dem Buche nur zum Vorteile gereichen.

Als ein wesentlicher Fortschritt ist die ziemlich ausgiebige Verwertung des Energieprinzipes zu begrüssen; vielleicht könnte bei einer späteren Ausgabe hier noch mehr geschehen. So ist z. B. eine Anwendung der Energiegesetze auf das Pendel zu vermissen. Wie leicht lassen sich auch die Formeln für das physische Pendel durch dieselben ableiten! -- Wohl hat H. in einem Anhange die Wärme als Energieform eingeführt. Freilich wäre es viel zweckmässiger, die gesamte Wärmelehre von vornherein auf diese Begriffe aufzubauen; damit würde er den Unterricht jedenfalls sehr erheblich vertiefen.

Die Darstellung ist gewandt und durchweg klar; auch hinsichtlich der Anordnung des Stoffes bedürfte nur noch weniges einer Änderung. Sehr wünschenswert wäre es, wenn der Bearbeiter mehr Nachdruck auf Benutzung moderner experimenteller Hilfsmittel legte, vor allem aber speziellere Angaben über messende Versuche machte. Gerne würde man dagegen die alte, jetzt völlig gegenstandslos gewordene Wheatstonesche Messung der Elektrizitätsgeschwindigkeit in Stromleitern missen.

Auch die Elektrizitätslehre hat H. erfolgreich im modernen Sinne zu bearbeiten gewusst. In der That finden hier die wichtigsten neueren Entdeckungen ihre Erwähnung. Seltsam ist es aber, dass das Buch nichts über die Kraftlinien des elektrischen Stromes, insbesondere des Kreisstromes, bringt, die bekanntlich für das Verständnis der Induktion, der Anziehung von Strömen und der hierbei in Frage kommenden Energiegesetze von fundamentaler Bedeutung sind. Eine Angabe und Ableitung der wichtigsten Potenzial- und Kapazitätsformeln dürfte ebenfalls erwünscht sein. Behrendsen.

(Eingegangen 16. Januar 1902.)

The British Optical Journal, ed. Arthur C. Brookes. Monatlich ein Quartheft. Jährlich 5 sh., postfrei.

Vier vorliegende Lieferungen lassen die Tendenz der Zeitschrift erkennen: sie will den Kontakt zwischen Wissenschaft, optischer Industrie, Händler und Publikum herstellen; sie umfasst vorerst eine populäre Einleitung in die Optik von Drysdale, astronomische, nautische und mikroskopische Notizen, praktische Winke, Monatsberichte, Neuheiten und widmet besondere Aufmerksamkeit der physiologischen Optik und ihren Hilfsmitteln. Der Standpunkt ist durchaus populär, ohne darum den Ernst ver-

missen zu lassen. Ob die Parteinahme für Gordons Sturm gegen die Theorie Abbes angezeigt war, ist eine andere Frage; der Streit kann doch nur streng wissenschaftlich zum Austrag kommen. Wir werden vielleicht Gelegenheit haben, auf Gordons Abhandlung zurückzukommen, es sei nur erwähnt, dass Gordon die Grenze der Abbildung nichtselbstleuchtender Objekte nicht, wie Abbe, in der Lage der durch das Objekt verursachten Beugungsmaxima, welche die Apertur des Objektivs bedingt, sieht, sondern vielmehr allein in der Verundeutlichung des Objekts durch das Beugungsscheibchen, welches die Lichtwelle nach dem Durchgang durch das Objektiv liefert, was übrigens doch auch Abbesche Theorie ist. Das Journal schliesst sich dem in England erfolgreichen Zeitschriftentypus an, für welchen wir in Deutschland z. Z. keinen eigentlichen Vertreter haben. Die Ausstattung ist vornehm und geschmackvoll.

Englisch.

(Eingegangen 11. Januar 1902.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

van Bebber, W. J., Anleitung zur Aufstellung von Wettervorhersagen für alle Berufsklassen, insbesondere für Schule und Landwirtschaft gemeinverständlich bearbeitet. Mit 16 eingedruckten Abbildungen. gr. 8. VI u. 38 S. 1902. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. —.60.

Benischke, G., Elektrotechnik in Einzeldarstellungen.
Heft 1. Benischke, Gustav, Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegen atmosphärische Entladungen. Mit 43 eingedruckten Abbildungen. 8⁰. VIII u. 42 S.
Heft 2. — — Der Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen. Mit 43 eingedruckten Abbildungen. 8⁰. VIII u. 55 S. 1902. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. Geheftet à M. 1,20, gebunden à M. 1,60.

Elbs, Karl, Übungsbeispiele für die elektrolytische Darstellung chemischer Präparate. Zum Gebrauch im Laboratorium für Chemiker und Elektrochemiker. Mit 8 Abb. im Text. gr. 8⁰. VIII u. 100 S. 1902. Halle a. S., Wilhelm Knapp. Gebunden M. 4,—.

Emde, Fritz, Die Arbeitsweise der Wechselstrommaschinen. Für Physiker, Maschineningenieure und Studenten der Elektrotechnik. Mit 32 in den Text gedruckten Figuren. 8. VIII u. 93 S. 1902. Berlin, Julius Springer. M. 2.40. Gebunden M. 3.—.

Engelhardt, Viktor, Die Elektrolyse des Wassers, ihre Durchführung und Anwendung. Monographien über angewandte Elektrochemie. I. Band. Mit 90 Figuren und 15 Tabellen im Text. gr. 8⁰. XII u. 117 S. 1902. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 5,—.

Friedrich, Otto, Die elektrischen Atome und die spezifische Ladung der Ionen. Wissenschaftliche Beilage zum Jahresbericht des Städt. Gymnasiums i. E. mit Realschule zu Solingen. Mit 2 Tafeln. 4⁰. 32 S. 1902. Solingen, Druck von B. Boll.

Gerber, Paul, Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitation. Programm des städtischen Realgymnasiums (in Umwandlung zur lateinlosen Realschule) zu Stargard in Pommern. 4⁰. 25 S. 1902. Stargard, F. Hendess.

Guillaume, Ed. Ch., La convention du mètre et le bureau international des poids et mesures. Paris, Gauthiers-Villars.

Koppe, K., Geometrie zum Gebrauch an höheren Unterrichtsanstalten vollständig neu bearbeitet von Jos. Diekmann. 19. Auflage. (3. Auflage der neuen Bearbeitung.) Mit 176 Figuren, 8 Figurentafeln und zahlreichen Übungen und Aufgaben. I. Teil: Planimetrie. Ausgabe für Gymnasien. 8⁰. VI u. 208 S. 1902. Essen, G. D. Baedeker, Gebunden M. 2.40.

Musmacher, C., Kurze Biographien berühmter Physiker. kl. 8⁰. VIII u. 280 S. 1902. Freiburg in Br., Herdersche Verlagsbuchhandlung. M. 1,80. Gebunden M. 2,40.

Scheffer, W., Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung gemeinverständlich dargestellt. (Aus Natur und Geisteswelt. 35. Bändchen.) Mit 66 Abbildungen im Text und 1 Tafel. kl. 8⁰. V u. 114 S. 1902. Leipzig, B. G. Teubner. Gebunden M. 1,25.

Travers, Morris W., The experimental study of gases, an account of the experimental methods invalued in the determination of the properties of gases, and of the more important reseaches connected with the subject. With an introductory preface by William Ramsay. Mit 132 Fig. gr. 8. XIII u. 323 S. 1901. London, Macmillian and Co. Gebunden 10 sh.

Triepel, Einführung in die Physikalische Anatomie. I. Teil: Allgemeine Elastizitäts- und Festigkeitslehre in elementarer Darstellung. II. Teil: Die Elastizität und Festigkeit der menschlichen Gewebe und Organe. Mit 23 Figuren im Text und 3 lithographierten Tafeln. gr. 8⁰. X u. 232 S. 1902. Wiesbaden, J. F. Bergmann. M. 6,—.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Die Hilfslehrstelle für geodätische Fächer an der Technischen Hochschule zu Stuttgart ist dem Assistenten und Privatdozenten Hohenner von der Technischen Hochschule in München unter Verleihung des Professortitels übertragen worden.

Der a. o. Professor Dr. Paul am Chemischen Institut der Universität Tübingen hat einen Ruf nach Berlin als Direktor der chemischen Abteilung im Reichsgesundheitsamt erhalten.

Der a. o. Professor der darstellenden Geometrie an der Technischen Hochschule in Graz Dr. R. Schüssler wurde zum o. Professor, der a. o. Professor Dr. Johannes Thiele in München zum o. Professor an der Universität Strassburg und zum Direktor des chemischen Instituts, der bisherige a. o. Professor der chemischen Technologie Dr. Rose zum o. Professor ernannt.

Dem Privatdozenten der Chemie an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin Dr. Wilhelm Traube ist das Prädikat „Professor" beigelegt worden.

Baudirektor Professor v. Bach (Stuttgart) hat einen Ruf an die Wiener Technische Hochschule als Nachfolger des verstorbenen Professor Radiger abgelehnt.

Gesuche.

Für die Redaktion verantwortlich (i. V.) Dr. E. Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 15. 1. Mai 1902. 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 16 am 7. Mai 1902.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über eine neue Methode zur Bestimmung von Kapillarkonstanten verdünnter Salzlösungen.

Von Alfred Gradenwitz.[1])

Während über die Messungen von Kapillarkonstanten sonst eine so reiche Litteratur vorliegt, ist das Gebiet der Salzlösungen, deren Konzentration unter 0,5 normal liegt, bisher fast unerforscht geblieben.

Und doch bieten gerade solche verdünntere Lösungen ein ganz besonderes Interesse, da gewisse andere für Lösungen charakteristische Konstanten, die sonst sich additiv verhalten, bei zunehmender Verdünnung einen mehr und mehr anomalen Verlauf zeigen, und man daher bei den Kapillarkonstanten eine ähnliche Anomalie erwarten durfte. Doch die bisher angewandten Methoden waren für eine derartige Untersuchung kaum geeignet, da die kleinen Unterschiede zwischen dem Werte dieser Konstanten für Wasser einerseits und für verdünnte Salzlösungen andererseits von der Grössenordnung der Versuchsfehler sind.

Mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor Heydweiller, legte mir deswegen den Gedanken nahe, eine Lösung dieser Frage in der Weise zu suchen, dass die klassische Steighöhenmethode eine Abänderung erführe; und zwar sollte ein System zweier ganz ähnlicher Röhren in Anwendung kommen, von denen die eine in reines Wasser, die andere in die zu untersuchende Lösung tauchte, und direkt sollten nicht die Steighöhen selbst, sondern die sehr kleinen Steighöhenunterschiede in beiden Röhren gemessen werden.

In Anbetracht der Schwierigkeiten, welche eine derartige Messung bietet, wenn sie direkt ausgeführt wird, wurde ich jedoch nach einigem Experimentieren auf folgendes Verfahren geführt, das eine Genauigkeit ermöglicht, die der einer direkten Messung überlegen ist.

Die zu untersuchende Flüssigkeit — bei Beginn jeder Reihe war dies reines Wasser — wurde auf eine Quecksilberschicht von etwa 2 cm aufgegossen. Hierauf gab man eine gewisse Menge Lösung von bekannter Konzentration hinzu, veränderte so die Kapillarkonstante der Flüssigkeit und kompensierte dann die eingetretene Verschiebung des Meniskus in der Röhre durch Wegnahme oder Hinzufügen von Quecksilber. Eine Wägung dieser hinzugefügten oder weggenommenen Quecksilbermenge ergab dann mit beträchtlicher Genauigkeit besagten Höhenunterschied: man brauchte nur den Querschnitt des Gefässes zu kennen oder auf empirischem Wege den Reduktionsfaktor zu bestimmen. (Es entsprach der Hinzufügung von 27 g Quecksilber eine Niveauveränderung von etwa 1 mm.) Von diesem Höhenunterschied musste man jedoch die durch Zufügung von Lösung entstandene Niveauveränderung abziehen, um den der Veränderung der spezifischen Kohäsion proportionalen Betrag zu erhalten.

Nach dieser Andeutung der Methode gehe ich zur Beschreibung des Apparates über:

Das Gefäss V (Fig. 1) stellt ein kommunizierendes Röhrensystem dar, dessen weiter Arm als Versuchsgefäss dient.

1) Ausführlich in der gleichlautenden Inaugural-Dissertation des Verfassers (Breslau 1902).

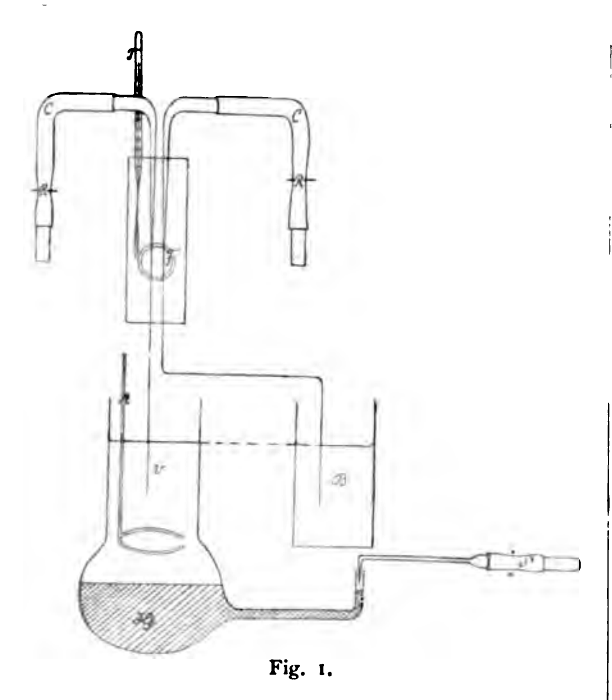


Fig. 1.

Auf den Boden desselben ist sorgfältig gereinigtes Quecksilber aufgegossen, das sowohl die enge Horizontalröhre als den gleichfalls engen und kurzen anderen Arm des Systems völlig erfüllt. Dann wird die zu untersuchende Flüssigkeit auf das Quecksilber im Hauptarm aufgegossen. Vermittelst des Kapillarhebers S kann man, durch Hinzufügung oder Wegnahme von Quecksilber aus dem engen Arm, das Niveau im Versuchsgefäss um winzige Beträge verändern.

Das weite Rohr M oberhalb von V ist unten mit einem Kautschukstopfen geschlossen und ist voll Wasser; durch dasselbe hindurch gehen zwei Kapillarröhren, von denen die eine in die Versuchsflüssigkeit taucht, während die andere in das Wasser des Becherglases B eintaucht und der Kontrolle dient, indem sie den Einfluss der schon durch das Flüssigkeitsbad gedämpften Temperaturschwankungen auszuschliessen gestattet. Beide Menisken werden durch das Fensterchen F hindurch mit dem Fernrohr eines Kathetometers beobachtet, mit dem man auch den ungefähren Gesamtbetrag der Steighöhe im Versuchsgefässe misst. Das Thermometer T ist in Zehntelgrade geteilt und giebt die Temperatur des Bades dicht an den beiden Menisken an.

Da ich in dieser kurzen Notiz weder die vollständige Theorie des Apparates mit seinem Korrektionsfaktor, noch die Einzelheiten der Versuche selbst wiedergeben kann, muss ich diejenigen, die sich hiervon ein Bild machen wollen, auf meine oben citierte Arbeit verweisen. In derselben gebe ich auch eine historisch-kritische Besprechung der Arbeiten meiner Vorgänger.

Vorliegende Methode ist auf Lösungen der Chloride und Nitrate von Natrium, Kalium und Lithium angewandt worden, deren Konzentration

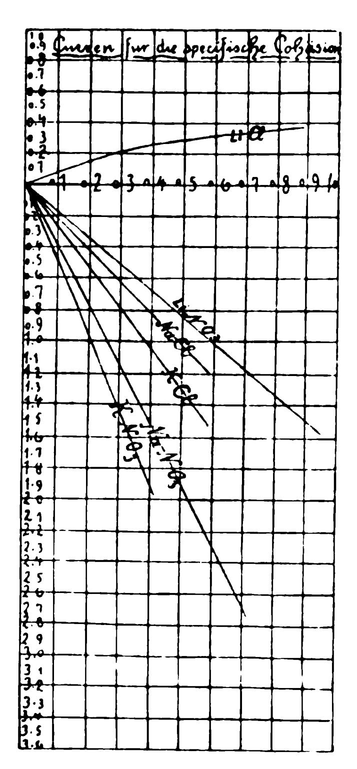


Fig. 2.

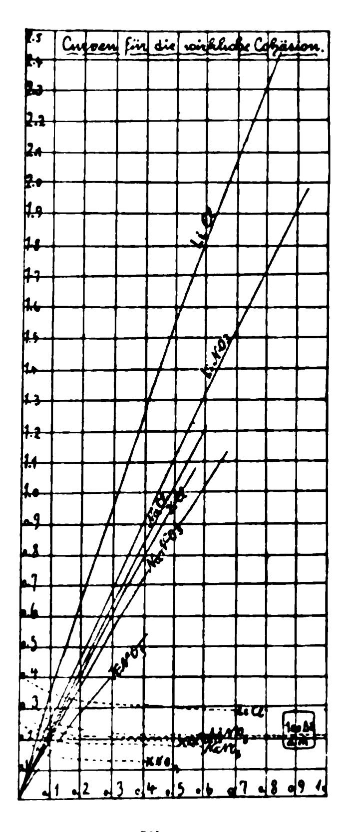


Fig. 3.

von 0,1 bis 0,5 normal ging. Was die Resultate anbelangt, so gebe ich hier nur die Kurven für spezifische und wahre Kohäsion wieder. (Fig. 2 und 3).

Es bezeichnen die Abscissen die Normalitäten m, die Ordinaten die prozentischen Zunahmen der Kohäsionen, bezogen auf die des reinen Wassers; die punktierten Linien geben schliesslich den Verlauf der Quotienten $\frac{\Delta a}{a\,m}$ wieder.

In der Originalarbeit ist ferner ein Vergleich der Resultate mit denen anderer Experimentatoren, sowie eine eingehende Diskussion derselben nebst einer Anzahl empirischer Gesetzmässigkeiten zu finden.

(Eingegangen 16. März 1902.)

Reflexion und Refraktion mittels einer natürlich gekrümmten Fläche, zwecks Demonstration geometrisch-optischer Grunderscheinungen.

Von J. J. Taudin Chabot.

Die Oberfläche plastischer bis tropfbarflüssiger, in einem starrwandigen Cylindergefäss um die vertikale Cylinderachse rotierender Massen erscheint bekanntlich als Paraboloidkuppe vertieft: es erstreckt sich jedes Oberflächenelement normal zur Resultante von Gewicht, gM, und Fliehkraft, rn^2M; — M, Masse; r, Bahnradius; n, Winkelgeschwindigkeit; — so dass der Durchmesser der Parameterebene der Paraboloidkuppe, $p = \frac{2g}{n^2}$, mithin die Brennweite, $F = \frac{p}{4} = \frac{g}{2n^2}$, sowie die maximale Konkavität (in der Achse), $C = x = \frac{D^2 n^2}{8g}$, wenn $D = 2y$ der Innendurchmesser des Gefässes und $y = \sqrt{px}$ die Parabelgleichung. Tritt an die Stelle der Winkelgeschwindigkeit, n, die Tourenzahl pro Minute, $T = \frac{30}{\pi}\,n$, dann schreiben sich diese Werte:

$$\text{Brennweite, } F = \frac{450 g}{\pi^2 T^2}, \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

$$\text{Konkavität, } C = \frac{\pi^2 D^2 T^2}{7200 g} \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

und, andererseits,

$$\text{Tourenzahl, } T = \frac{15}{\pi}\sqrt{\frac{2g}{F}}, \quad \ldots \ldots \quad (3)$$

$$\text{oder} \quad T = \frac{60}{\pi D}\sqrt{2gC} \quad \ldots \ldots \quad (4)$$

Steigern der Winkelgeschwindigkeit, nachdem der Paraboloidscheitel den Boden des in Ruhe bis zur Höhe h, bei der Rotation bis zur Höhe C_1 die Flüssigkeit enthaltenden Cylindergefässes erreicht hat, lässt hier eine freie Kreisfläche im Durchmesser D_1 entstehen bei einer

$$\text{Tourenzahl, } T > \frac{120}{\pi D}\sqrt{gh} \quad \ldots \ldots \quad (5)$$

Gegenwärtige Erscheinung nunmehr bietet passend angeordnet, das Mittel, die grundlegenden geometrisch-optischen Demonstrationen zunächst mit natürlich gekrümmten Flächen auszuführen, namentlich auch, um die Änderung des Strahlenganges mit Änderung der Krümmung in vollkommener Kontinuität sehr einfach zu zeigen.

Das Cylindergefäss aus Glas, 10 bis 20 cm im Durchmesser, 30 bis 60 cm in der Höhe, wird dazu auf die vertikale Achse einer Schwungmaschine befestigt, während über dem Gefäss in veränderlicher Höhe eine kräftige Lichtquelle, etwa eine elektrische Lampe, sich befindet und das Gefäss selbst ein deckelartig aufgesetztes Diaphragma trägt, dessen freie Öffnung kleiner ist, als der innere Gefässquerschnitt. Die gewollte Flächenkrümmung erzielt man durch Abmessen der Tourenzahl. Sodann gestalten sich die Demonstrationen wie folgt.

Reflexion: Der Glascylinder enthält eine mehrere Centimeter starke Schicht Quecksilber, darüber ein trübes Gas, Rauch oder dergl. a) Man hängt die Lampe so niedrig, dass der Brennpunkt bei passender Drehungsgeschwindigkeit bequem mit der Lichtquelle zusammenfällt: das reflektierte Strahlenbündel zeichnet als Cylinder seine Spur im trüben Medium. b) Man hängt die Lampe höher, so dass ihre Strahlen möglichst parallel einfallen: der Reflex erscheint als Strahlenkonus, dessen Spitze bei variierender Tourenzahl nach Gleichung (1) in der Vertikale schwingt. (NB. Es lässt sich dieser Vorgang auch mit dem Kathetometer verfolgen, und so, bei bekanntem Wert für g, die Tourenzahl T nach Gleichung (3) durch einfache Längenmessung bestimmen.)

Refraktion: Der Glascylinder enthält, bis etwa zur halben Höhe, eine beliebige, leicht getrübte oder auch fluorescenzfähige Flüssigkeit. Das vom Diaphragma durchgelassene Strahlenbündel setzt zunächst seinen Weg bei unverändertem Querschnitt in die Flüssigkeit hinein fort. Man leitet die Rotation ein, beobachtet eine Divergenz, die bei steigender Rotationsgeschwindigkeit wächst. Das Experiment lässt sich erweitern durch Übereinanderschichten von Flüssigkeiten mit verschiedenem Brechungsvermögen. — Sind die Verhältnisse so gewählt, dass den divergierenden Strahlen im Glase der Gefässwand das Hinaustreten in die umgebende Luft durch Totalreflexion verhindert wird, so gelangt man neuerdings zu einem konvergierenden Lichtbündel.

Die Beobachtung der freien Kreisfläche im Durchmesser D_1 am Gefässboden bei einer Tourenzahl T nach Ungleichung (5) geschieht in der Vertikale und zwar, wenn man durch Hinauf- oder Hinabbewegen des rotierenden Gefässes dasselbe zeigen will, wie sonst mit der Poggendorffschen Fallmaschine; bei unveränderter Winkelgeschwindigkeit nimmt D_1 dann zu oder ab.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass im Falle der Verwendung von Quecksilber im rotierenden Gefäss es möglich ist, die konkave Oberfläche in Siegellack oder auch in sogenannter Vergussmasse[1]) abzuformen: man erhält daraufhin eine Paraboloidschale, die besonders, wenn aus dem letztgenannten Material, eine schön spiegelnde, konvexe Fläche aufweist.

Versuche, das Quecksilber allein in Rotation zu bringen, im ruhenden Gefässe, mit Hilfe von entweder wirbelnden Induktionsströmen im drehenden, oder radikalem Gleichstrom im konstanten Magnetfelde, führten zu keinem befriedigenden Resultat; beide Male nämlich zeigt sich die Durchbildung des Magnetkreises schwierig, benötigt man, infolge der verhältnismässig grossen eisenlosen Strecke, einer ganz bedeutenden magnetisierenden Kraft (sehr hohen Ampèrewindungszahl). Ausserdem erhält die Oberfläche des Quecksilbers infolge elektrodynamischer Wechselwirkung der einzelnen Stromelemente eine vom Parabelprofil abweichende Krümmung, welche im zweiten Falle noch besonders dadurch auffallend wird, dass die Winkelgeschwindigkeit der Rotation nach dem Centrum der Masse zu wächst, — eine Erscheinung, deren Anblick unwillkürlich an die Abbildungen gewisser Spiralnebel erinnert, — insofern die Stromdichte nach der Mitte zu mehr steigt als die Felddichte abnimmt. Eine recht gleichmässige Bewegung hingegen lässt sich erzielen, wenn das Quecksilber mitsamt dem Gefäss von einem Gleichpolrotationsapparat in Umdrehung versetzt wird, — etwa indem das Gefäss unmittelbar auf dessen vertikaler Achse steckt — und zwar aus folgendem Grunde: diese Art Motor richtet seine Umdrehungsgeschwindigkeit nach der Belastung, während andererseits die Quecksilbermasse im rotierenden Cylindergefäss ihr Trägheitsmoment mit der Umdrehungsgeschwindigkeit variiert: damit besteht für den Bewegungszustand des Systems das Streben nach einem stabilen Gleichgewicht.

1) Ich bezog dieses Material von der Firma B. Paege & Co., Berlin NW. 87.

Degerloch, 13. März 1902.

(Eingegangen 14. März 1902.)

Über das Reflexionsvermögen von Flammen.

Von F. Kurlbaum.

Das Reflexionsvermögen von Flammen ist sehr gering, daher müssen die intensivsten Lichtquellen, wie Sonne und Bogenlampe, angewendet werden, um die Reflexion deutlich sichtbar zu machen. Die reflektierende Substanz sind die festen Kohlenstoffteilchen, denn nichtleuchtende Flammen, z. B. die Bunsenflamme, reflektieren nicht, wenigstens nicht für das Auge wahrnehmbar. Da zahlenmässige Angaben über das Reflexionsvermögen leuchtender Flammen nicht bekannt sind, so habe ich die ungefähre Grösse bestimmt.

Die Methode besteht in folgendem. Auf einem Gipsschirm wird mit Hilfe von Heliostat und photographischem Objektiv ein Sonnenbild entworfen. Dann wird die „schwarze Temperatur" des Sonnenbildes für ein bestimmtes Spektralgebiet gemessen, d. h. diejenige Temperatur, welche ein „schwarzer Körper" haben müsste, um in dem Spektralgebiet die gleiche Strahlung auszusenden. Zur Bestimmung dieser Temperatur dient das von Holborn und mir konstruierte optische Pyrometer.[1]) Dann wird die schwarze Temperatur der Flamme durch direktes Anvisieren der Flamme gemessen, und drittens die schwarze Temperatur der Flamme, auf welcher in obiger Weise ein Sonnenbild entworfen ist.

Die Wiensche Formel:

$$\log S_1 - \log S_0 = \frac{c}{\lambda} \log e \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right),$$

welche von Paschen und Wanner, sowie von Lummer und Pringsheim übereinstimmend innerhalb des sichtbaren Gebietes und der mit dem Thermoelement messbaren Temperaturen gültig gefunden wurde, ergiebt für die schwarzen Temperaturen T_1, T_2, T_3 die zugehörigen relativen Intensitäten S_1, S_2, S_3, indem man c gleich 14500 und λ, die mittlere Wellenlänge des benutzten Spektralgebietes, gleich 0,643 einsetzt. T_0 ist gleich 1273^0 abs. und S_0 gleich 1 gesetzt.

Unter der Annahme, dass der Gipsschirm das ideale diffuse Reflexionsvermögen $R = 1$ und dass die Flamme unter allen Winkeln den gleichen Bruchteil des Reflexionsvermögens des Gipsschirmes besitzt, ist das Reflexionsvermögen R der Flamme gleich $2 \frac{S_3 - S_2}{S_1}$. Der Faktor 2 rührt daher, dass die vom Gipsschirm kommende Strahlung nur den Raumwinkel 2π, die an der Flamme reflektierte Strahlung den Raumwinkel 4π füllt.

Nun besitzt aber die Flamme nicht ein in

1) Sitzungsbericht d. Berl. Akad. d. Wiss. **30**, 712 bis 719, 1901. Vgl. auch diese Zeitschr. **3**, 187, 1902.

diesem Sinne gleichmässiges Reflexionsvermögen, sondern es tritt aus der Flamme ein bevorzugter Lichtkegel aus, welcher teils aus reflektiertem, teils aus gebeugtem Lichte besteht. Unter dem reflektierten Lichte sei hier das gebeugte stets mit einbegriffen. Die Achse des Lichtkegels fällt mit den durch die Flamme hindurchgegangenen Sonnenstrahlen zusammen, während die Spitze des Kegels in dem beleuchteten Flammenpunkt liegt und der entsprechende Raumwinkel ungefähr gleich π ist. Es ist daher bei dieser Reflexion der Faktor 0,5 anzuwenden und diese Reflexion zu der im übrigen Raumwinkel gefundenen zu addieren, während an der letzteren der entsprechende Teil abgezogen wird.

Das mittlere Reflexionsvermögen ist daher:

$$R_m = 1{,}5\,\frac{S_3 - S_2}{S_1} + 0{,}5\,\frac{S_6 - S_5}{S_4}.$$

Nach dieser Methode wurden zunächst innerhalb des räumlichen Winkels $4\pi - \pi$ und zwar für blaues Licht, mittlere Wellenlänge $= 0{,}47\,\mu$, folgende schwarzen Temperaturen und nach der Wienschen Formel die zugehörigen relativen Strahlungsintensitäten gefunden:

$T_1 = 2293^0$ abs. $\quad S_1 = 48000$
$T_2 = 1563^0$ $\quad S_2 = 90$
$T_3 = 1611^0$ $\quad S_3 = 161$

Demnach ist das Reflexionsvermögen innerhalb dieses Winkels:

$$R_1 = \frac{161 - 90}{48000} = 0{,}15 \text{ Proz.}$$

Dagegen ist das Reflexionsvermögen R_2 innerhalb des räumlichen Winkels π viel grösser. Es wurde gefunden:

$T_4 = 2293^0$ abs. $\quad S_4 = 48000$
$T_5 = 1569^0$ $\quad S_5 = 97$
$T_6 = 1743^0$ $\quad S_6 = 689$

$$R_2 = \frac{689 - 97}{48000} = 1{,}23 \text{ Proz.},$$

daher ist das mittlere Reflexionsvermögen:

$$R_m = 1{,}5\,.\,R_1 + 0{,}5\,.\,R_2 = 0{,}8 \text{ Proz.}$$

Natürlich findet in Wirklichkeit ein kontinuierlicher Übergang zwischen beiden Reflexionsvermögen statt, ich habe aber nur die gefundenen Maximalwerte angegeben.

Für rotes Licht $\lambda = 0{,}643$ war innerhalb des räumlichen Winkels π:

$T_4 = 1903^0$ abs. $\quad S_4 = 350$
$T_5 = 1525^0$ $\quad S_5 = 19$
$T_6 = 1547^0$ $\quad S_6 = 24$

$$R_2 = 1{,}2 \text{ Proz.}$$

Die Reflexion innerhalb des übrigen räumlichen Winkels war dagegen zu schwach, als dass ich sie hätte messen können. Das mittlere Reflexionsvermögen R_m für rotes Licht ist daher wenig grösser als $0{,}5 \cdot 1{,}2$ Proz., es wird ungefähr 1 Proz. betragen.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die gefundenen Werte nicht genau sein können. Zunächst ist das Reflexionsvermögen selbst ein kleiner Betrag, und da sehr heisse Lichtquellen angewendet werden müssen, so sind verschiedene Extrapolationen erforderlich. Erstens muss die Wiensche Formel für Temperaturen, bei welchen sie bis jetzt nicht geprüft ist, angewendet werden, ebensoweit muss die pyrometrisch zu messende Temperatur aus dem Glühlampenstrom extrapoliert werden, da die Glühlampen nur von 700 bis 1500° C., also 970 bis 1770° abs. mit dem schwarzen Körper verglichen sind.

Ferner sind die durch die farbigen Gläser hindurchgelassenen Spektralgebiete „rot" und namentlich „blau" wenig definiert, bei spektraler Zerlegung dürften aber die Schwierigkeiten im roten Gebiete wegen der Lichtschwäche noch bedeutend steigen. Der Umstand, dass der Gipsschirm nicht das ideale Reflexionsvermögen darstellt, kann das gesuchte Reflexionsvermögen der Flamme nur zu gross erscheinen lassen.

Ob das auf der Flamme liegende Sonnenbild die Temperatur der Kohlenstoffteilchen wesentlich erhöht und aus diesem Grunde das Reflexionsvermögen zu gross gefunden werden muss, oder ob hierbei noch andere Vorgänge stattfinden, wird sich erst durch ausführlichere Versuche bei günstigerem Sonnenstande im Sommer durch Einschaltung von absorbierenden Medien feststellen lassen.

Um von den bei dieser Methode angewandten Extrapolationen frei zu werden, habe ich auch die Reflexion roten Lichtes an einer undurchsichtigen auf einer Kupferplatte niedergeschlagenen Russschicht bestimmt und gleich 1,5 Proz. gefunden.

Dieser Wert stimmt mit dem von K. Angström[1]) gefundenen von 1,7 Proz. gut überein. Dadurch ist das Reflexionsvermögen der Flamme für rotes Licht auch relativ zu dem des Russes ohne Extrapolationen bestimmt und ungefähr gleich 1 Proz. gefunden.

Da man erwarten durfte, dass Russ in dünner Schicht nicht mehr reflektiert als in dicker Schicht, so stimmt dieses Resultat mit den allgemeinen Anschauungen überein.

In einer kürzlich erschienenen Veröffentlichung haben Lummer und Pringsheim[2]) in Bezug auf die von mir gemessene Temperatur der Kerze unter der Annahme, dass die in der Kerze glühenden Kohlenpartikelchen 5 resp. 10 Proz. der auffallenden Strahlen durch Reflexion und Beugung zerstreuen, den hierdurch bedingten Fehler auf 40 resp. 120° berechnet.

1) Öfversigt. af K. Vetensk. Akad. Förhandl. Stockholm. Arg. **55**, 283—295, 1898.
2) Diese Zeitschr. **3**, 233—235, 1902.

Setzt man statt dieser willkürlich angenommenen Werte den von mir gefundenen Wert von 1 Proz. in die Rechnung ein, so ergiebt sich eine um 7^0 zu niedrige Flammentemperatur. Dies ist ein Fehler, welcher bei der Unbestimmtheit der Flammentemperatur selbst keine Rolle spielt.

Das Reflexionsvermögen von Flammen ist also, wie ich in meiner Mitteilung „über eine einfache Methode, die Temperatur leuchtender Flammen zu bestimmen" gesagt hatte, höchst gering.[1]) Dagegen ist das Reflexionsvermögen von Cylindern, welche über eine Flamme geschoben sind, von erheblichem Einfluss, ein Umstand, der wohl niemandem, welcher derartige Flammen untersucht, entgehen kann.

Trotz der in der Flamme vorkommenden Temperaturschwankungen lässt sich doch deutlich zeigen, dass die Temperatur der Kerze die von Lummer und Pringsheim angegebene untere Temperaturgrenze nicht erreicht.

Stellt man nämlich den schwarzen Körper auf diese Temperatur ein, so wird er durch Vorstellen einer Kerzenflamme verdunkelt, sei es, dass die Kerze eine gewöhnliche Stearinkerze oder die definierte „Vereinskerze" ist. Hierbei wurde natürlich durch den leuchtendsten Teil der Flamme, resp. durch unmittelbar benachbarte Teile mit Hilfe des Pyrometers hindurchgesehen.

Meine Schlussfolgerung, dass Russ in dünnen Schichten für bestimmte Temperaturen innerhalb bestimmter Spektralgebiete selektiver als Platin ist, ist vollkommen streng, wenn die Messungen von Lummer und Pringsheim über die Lage des Maximums der Energiekurven einerseits, und meine Messungen der Flammentemperatur der Kerze andererseits richtig sind. Letzteres glaube ich gezeigt zu haben.

Es kommt bei meiner Methode sehr zu statten, dass die Intensität des benutzten Spektralgebietes ungefähr zehnmal so schnell fortschreitet als die Temperatur.

1) Diese Zeitschr. **3**, 187—188, 1902.

(Eingegangen 26. März 1902.)

Über gleichgerichteten Wechselstrom.

(Bemerkungen zu dem gleichlautenden Aufsatz von Al. Gerschun auf S. 249 dieser Ztschr. [3, 1902]).

Von C. Heinke.

In dem oben bezeichneten Aufsatz wird der spezielle Fall der Wellenstromverhältnisse verfolgt, der sich ergiebt, wenn eine sinusförmige Wechselspannung durch Kommutierung der unteren Sinushälften in eine Wellenspannung von doppelter Periode umgewandelt wird. Die abgeleiteten Hauptergebnisse lassen sich zwar vollständiger und unter Einschränkung des mathematischen Apparates auch übersichtlicher und einfacher durch Zerlegung der Wellenstromgrössen in ihre beiden Komponenten erhalten, wie der Verfasser in früheren Aufsätzen[1]) gezeigt hat, doch dürfte ein erneuerter Hinweis auf die interessanten Ausgleichsverhältnisse, welche der allgemeine, d. h. den Gleichstrom und den symmetrischen Wechselstrom umfassende Fall des Wellenstroms darstellt, immerhin nützlich sein, wenn auch leider die energetische Seite im vorliegenden Fall trotz des ausdrücklichen Hinweises des Verfassers auf die Wichtigkeit derselben bei Wellenstrom wieder zu kurz gekommen und dadurch das wichtigste Moment zur Klärung der Ausgleichsverhältnisse und des Wirkungsgrades ausser acht gelassen ist.

Ein Punkt veranlasste aber insonderheit die vorliegenden Bemerkungen zu dem obengenannten Aufsatz: nämlich die Betrachtung der Wirkung für den Fall, dass mit der so erhaltenen Wellenspannung ein Transformator beschickt wird. Die hier besonders schwer zu übersehende mathematische Deduktion (vgl. a. a. O. Seite 253) lässt sich durch eine übersichtlichere Betrachtung unter Zugrundelegung der Transformatortheorie bezw. der Kraftliniengleichung ersetzen, um zu zeigen, dass die von Zenneck (vgl. Wied. Ann. **69**, 859, 1899) beobachtete Ausgleichserscheinung (Fig. 6 auf Seite 253) mit der theoretisch sich ergebenden Stromkurve im wesentlichen übereinstimmt, dass hingegen die von Zenneck theoretisch abgeleitete Kurve hierfür (vgl. Fig. 5 auf Seite 253) einer Verwechselung von Feldkurve und Spannungskurve entsprungen ist. Auch ergeben sich bei dieser Betrachtungsweise noch die unten angeführten Nebenresultate.

Schickt man die durch Kommutierung der Sinuswelle sich ergebende Wellenspannung (vgl. $\overset{w}{E}_1$ in Fig. 1) in die Primärwicklung eines Transformators, so kann man in erster Annäherung von dem Ohmschen Spannungsabfall in der Primärwicklung abstrahieren, wie dies stets für die erste Annäherung in der Transformatortheorie erfolgt, um so eher, da die Form der resultierenden Spannungswelle, welcher durch die magnetischen Kraftlinien des veränderlichen Feldes das Gleichgewicht gehalten wird, hierdurch keine

1) Vgl. hierzu a) Über Wellenströme, ETZ. 1899, Heft 29 und 30.
b) Diese Ztschr. **1**, 8, 1899.
c) Über Wellenstromenergie, ebenda **1**, 197, 1900; ausführlich abgedruckt in den „Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses" 1900, 115.
d) Zur Messung elektrischer Grössen bei periodisch veränderlichen Strömen. Wied. Ann. **69**, 612, 1899.
e) Über Wellenstromerreger. Ann. d. Ph. **1**, 326 u. 441, 1900.

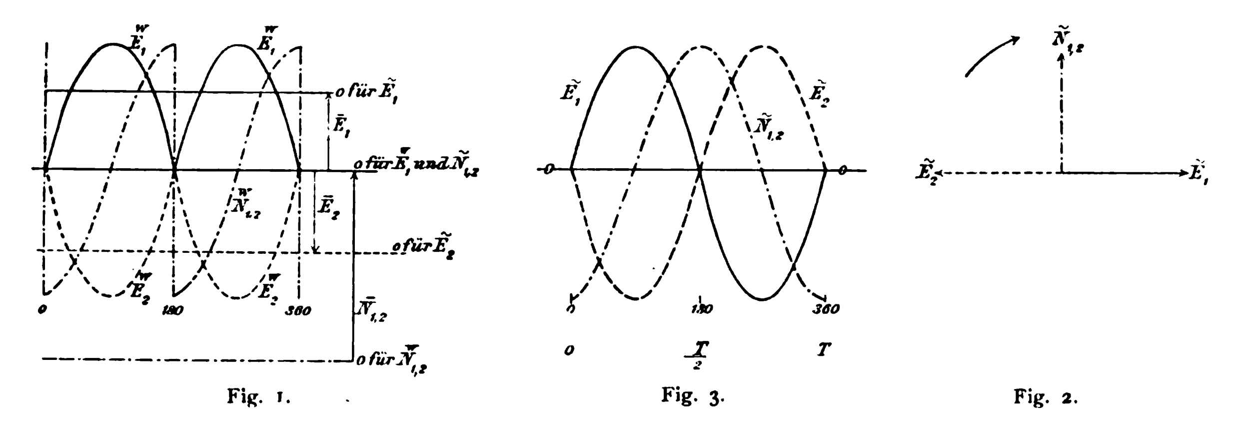


Fig. 1. Fig. 3. Fig. 2.

Änderung erfährt. Nach der Kraftliniengleichung

$$e = \frac{dN}{dt} \text{ bezw. } N = \int e \cdot dt,$$

wenn e die Momentanspannung und N das beiden Transformatorwicklungen gemeinschaftliche magnetische Feld bezeichnen, erhält man für dieses Spannung kompensierende magnetische Feld ein Wellenfeld, dessen Verlauf durch die Kurve $\overset{w}{N}_{1,2}$ in Fig. 1 gegeben ist und etwa der Kurve von Zenneck (Fig. 5 auf Seite 253) entspricht. Diese Kurve giebt aber nur den veränderlichen Teil des magnetischen Feldes, dessen Nullniveau im allgemeinen unterhalb des Nullniveau für $\overset{w}{E}_1$ liegen wird, da von der Wellenspannung $\overset{w}{E}_1$ die Gleichspannungs-Komponente $\bar{E}_1 = \frac{2}{\pi} \cdot (\overset{w}{e})_{max}$ eine Gleichstromstärke erzeugt, die nur von dem Ohmschen Widerstand (R_1) des Primärkreises abhängt. Da dieser im allgemeinen kleiner ist als der Wechselstromwiderstand, so wird das zu der Gleichstromkomponente gehörige magnetische Gleichfeld gleichfalls ein Nullniveau unterhalb desjenigen von $\overset{w}{E}_1$ besitzen; bei Fig. 1 etwa bei der strichpunktierten Horizontalen zu denken. Praktisch kann dieser Umstand zwar wegen der Sättigungserscheinung des Eisens im magnetischen Kreislauf auf den Verlauf der Magnetisierungsstromstärke von merklichem Einfluss sein. Sehen wir aber für die Theorie in erster Annäherung zunächst von der Eisensättigung, ebensowie von dem Einfluss der magnetischen Hysterese ab, so wird dem Verlauf des Feldes auch derjenige des (primären) Magnetisierungsstromes entsprechen.

Für die Wechselinduktion, welche die Spannung $\tilde{E}_2$ in der Sekundärwicklung des Transformators erzeugt, kommt aber die Lage des Nullniveau beim magnetischen Felde gar nicht in Betracht, da die magnetische Gleichfeldkomponente bei dem Wechselinduktionsvorgang unbeteiligt bleibt und nur die dem ausgezogenen Gleichfeldniveau ($\bar{N}_{1,2}$) aufgelagerte Wechselfeldkomponente $\tilde{N}_{1,2}$, welche der Wicklung 1 und 2 gemeinschaftlich ist, in Wirkung tritt. Dieses Wechselfeld $\tilde{N}_{1,2}$ erzeugt wiederum nach der obigen Kraftliniengleichung eine Spannung $\overset{w}{E}_2$, welche zu der primären Spannung $\overset{w}{E}_1$ eine Art Spiegelbild darstellen muss, wobei das Niveau des beiden gemeinschaftlichen Wechselfeldes $\tilde{N}_{1,2}$ gleichsam die Funktion der spiegelnden Fläche übernimmt. Bei dem symmetrischen (technischen) Wechselstrom ist dies ohne weiteres an der Lage der (induzierenden) Primärspannung $\tilde{E}_1$ und der (induzierten) Sekundärspannung $\tilde{E}_2$ gegenüber dem übertragenden (gemeinsamen) Wechelfeld $\tilde{N}_{1,2}$ im Kreisdiagramm (vgl. Fig. 2) ersichtlich; ebensowie aus der Darstellung in rechtwinkligen Koordinaten Fig. 3. So einfach wie hier liegen nun die Verhältnisse beim Wellenstrom nicht, doch lassen sich diese interessanten allgemeinen Verhältnisse an der Hand der Figur 1 ohne weiteres an die (speziellen) Wechselstromverhältnisse anschliessen. Man braucht in Fig. 3 sich nur die rechte Hälfte zwischen 180 bezw. $\frac{T}{2}$ und 360 bezw. T — entsprechend der Kommutierung der unteren Hälfte der $\tilde{E}_1$-Kurve — so um die o-Achse geklappt, bezw. um 180° aus der Papierebene heraus und wieder hinein gedreht zu denken, dass alle Kurven dieser Hälfte diese Drehung ausführen und man erhält die Fig. 1. Da nach der obigen Betrachtung die $\tilde{N}_{1,2}$-Kurve zwangläufig mit der $\tilde{E}_1$-Kurve verbunden ist und die $\tilde{E}_2$-Kurve ebenso mit der $\tilde{N}_{1,2}$-Kurve, so ist die Entstehung von Fig. 1 aus dem bekannten Transformatordiagramm der Fig. 2 bezw. 3 ohne weiteres einleuchtend.

Interessant bleibt nur noch der Umstand, dass das für alle 3 Kurven gemeinsame Nullniveau bei dem Spezialfall der Fig. 3 sich bei

dem allgemeineren Fall der Fig. 1 in drei getrennte Nullniveaus auflöst und wiederum zwar so, dass das Nullniveau des Wechselfeldes $\tilde{N}_{1,2}$ die Rolle einer spiegelnden Fläche übernimmt und das Gleichspannungsniveau E_2 das Spiegelbild von dem Gleichspannungs-Niveau E_1 darstellt.

Die sekundäre Wellenspannung $\overset{w}{E_2}$ wird bei geschlossenem sekundären Stromkreis einen Ausgleichstrom erzeugen, der bei Konstanz der Ausgleichwiderstände während der Periode und beim Überwiegen des Ohmschen Widerstandes in der Form mit der $\overset{w}{E_2}$-Kurve übereinstimmt, andernfalls bezüglich der Phasenverschiebung jedoch ähnlich wie bei dem gewöhnlichen Wechselstrom von der Mischung der 3 Arten von Ausgleichwiderständen im Sekundärkreise, d. i. Ohmscher Widerstand, elektromagnetischer Trägheitswiderstand (Selbstinduktion) und elastischer Verschiebungswiderstand (Kapazität), abhängt.

Die von Zenneck beobachtete schwache Verdrückung der sekundären Sinushalbwellen (vgl. Fig. 6 auf Seite 253) erklärt sich aus der Permeabilitätsänderung des magnetischen Kreislaufes während jeder Periode (Sinushalbwelle) in Verbindung mit dem Hystereseeinfluss. Beides bringt eine -- allerdings nicht stark wirkende — periodische Veränderung der Ausgleichwiderstands-Verhältnisse ins Spiel, welche die schwache Deformation der auseinander abgeleiteten Kurven bedingt. Ohne diese Momente würde auch diese Deformation in Fortfall kommen. Zum Schlusse sei noch bemerkt, dass diese Verhältnisse auch insofern ein gewisses technisches Interesse besitzen, als die Spannungserzeugung der Gleichstrommaschinen bekanntlich auf diese kommutierten und gegeneinander in der Phase verschobenen Halbwellen als Grundelemente zurückgeht.[1])

1) Bemerkt sei noch, dass die von Gerschun theoretisch behandelten Fälle bereits früher folgende ausführlichen analytisch-theoretischen Behandlungen erfahren haben: Am allgemeinsten von Ch. P. Steinmetz ETZ 1890, 481 und 1892, 295; ferner von Puluj: ETZ 1891, 419, 434, 498 und 1893, 466; endlich von Lohnstein: 1892, 150, 298.

(Eingegangen 27. März 1902.)

Die Geschwindigkeit der von heissen Drähten ausgehenden Ionen.

(Zweite Mitteilung.)

Von C. D. Child.

Kürzlich ist in dieser Zeitschrift[1]) eine Mitteilung erschienen, in der ich über einige Versuche mit elektrischer Entladung an erhitzten Platindrähten berichtete. Bei der Fortführung meiner Versuche bin ich nun zu der Überzeugung gelangt, dass manche in dieser Mitteilung gegebenen Meinungsäusserungen der Berichtigung bedürfen. An genannter Stelle habe ich gezeigt, wie bei den niedrigeren Temperaturen, bei denen noch eine Entladung erzielt werden kann, die mittlere Geschwindigkeit der Ionen, die Träger der Entladung sind, grösser ist als bei höheren. Ich habe nun der Möglichkeit Ausdruck gegeben, dass die bei niedrigeren Temperaturen gebildeten Ionen von okkludiertem Wasserstoff herrühren könnten, während die langsameren bei höheren Temperaturen gebildeten Ionen von der den Draht umgebenden Luft wären.

1) Diese Zeitschrift **3**, 158, 1902.

Diese Erklärung reichte für die damals beobachteten Erscheinungen aus. Doch seither habe ich Erscheinungen gefunden, die auf diesem Wege nicht mehr erklärt werden können. Zunächst habe ich eine solche beobachtet, wenn ich den Draht, von dem die Entladung ausging, in eine Röhre einschloss. Ich fand nämlich, dass die Entladung nach dem umgebenden Cylinder in diesem Falle viel unbedeutender war, als dies bei demselben Cylinder in freier Luft der Fall war. Unmittelbar nach dem Erhitzen des Drahtes war zwar die Entladung fast ebenso stark wie in freier Luft, doch nahm dieselbe schnell ab, bis sie nur noch $^1/_{20}$ ihres Anfangsbetrages ausmachte. Wenn ich die Luft auspumpte und durch frisch eingelassene ersetzte, konnte ich eine ebenso starke Entladung wie zu Anfang erzielen, ebenso wenn ich die Luft mehrere Stunden lang sich selbst überliess.

Augenscheinlich gab der erhitzte Draht irgend etwas ab, was in der Röhre zurückbleiben und die Ionengeschwindigkeit herabsetzen konnte. Wenn der Draht nur soweit erhitzt wurde, dass eine Entladung gerade stattfinden konnte, nahm die Entladungsgeschwindigkeit nur sehr langsam ab. Bei höheren Temperaturen ging sie hingegen schneller herunter, und in der Nähe des Schmelzpunktes brauchte sie nur wenige Sekunden, um ihren Minimalwert zu erreichen. Offenbar war die Substanz, die eine Verzögerung der Ionen bewirkte, etwas, was bei sehr heissen Drähten in grösseren Mengen gebildet wurde.

Es ist seit einiger Zeit bekannt, dass Platin, das an der Luft erhitzt wird, an Gewicht verliert. Ebenso ist es bekannt, dass in diesem Falle kleine Teilchen abgegeben werden, die als Kerne für Bildung von Wolken wirken, wenn die Luft plötzlich abgekühlt wird. Es ist denn auch auf die Möglichkeit hingewiesen worden, dass diese Teilchen bei der Entladung eine aktive Rolle spielen könnten, doch offen-

bar ist man hiermit von einer Erklärung der Erscheinung weit entfernt. Denn in einem geschlossenen Raume, wo sie in grösster Zahl vorhanden sein müssen, ist die Ionengeschwindigkeit gerade am geringsten; und bei hohen Temperaturen, wo sie in grösster Anzahl abgegeben werden müssen, finden wir die Entladungsgeschwindigkeit kleiner als bei niedrigeren Temperaturen. Andere Beobachter haben nun gezeigt, dass kleine Feuchtigkeitsteilchen die Ionenbewegung verzögern. Offenbar üben die losgelösten Platinteilchen dieselbe Wirkung aus.

Die Konvektionsströme, die von erhitztem Platindraht ausgehen, wurden zwischen eine Flamme und eine Platte geleitet, zu der von der Flamme aus die Entladung überging. Diese Konvektionsströme bewirkten, dass die Geschwindigkeit der Entladung bedeutend abnahm. Hiermit ist wiederum Beweismaterial für die die Ionengeschwindigkeit herabsetzende Wirkung dieser Ionen geliefert. Ich konnte sogar konstatieren, dass die von negativen Ionen getragene Entladung in viel grösserem Masse abnahm, als dies bei positiven Ionen der Fall war. Offenbar besteht zwischen den von Platindraht abgestossenen Teilchen und negativen Ionen stärkere Anziehung als zwischen diesen Teilchen und positiven Ionen. Dies war denn auch vorauszusehen, da die negativen Ionen sich vom Platin nicht so leicht wie die positiven loslösen, und es leicht zu begreifen ist, dass, ebenso wie der Platindraht die negativen Ionen stärker anzieht, so auch die vom Platin losgelösten Teilchen für diese Ionen dieselbe Bevorzugung zeigen.

Hierin mag auch der Grund für die grössere Geschwindigkeit der positiven Ionen im Falle einer Entladung an Platin zu suchen sein. Wenn diese Teilchen eine stärkere verzögernde Wirkung auf die von der Flamme abgelösten Ionen ausüben, erscheint der Schluss ganz berechtigt, dass sie auf die von einem Drahte losgelösten Ionen dieselbe Wirkung ausüben. Wenn dies auch vielleicht nicht der einzige Grund für die langsame Bewegung der negativen Ionen im vorliegenden Falle sein mag, so dürfte es doch wohl einen Grund hierfür darstellen.

Die so losgelösten Teilchen sind wahrscheinlich Platinteilchen und nicht etwa Teilchen eines Platinoxydes, denn ihre Anwesenheit ist auch, wenngleich in geringerem Betrage, dann nachzuweisen, wenn der Draht in einer Wasserstoffatmosphäre erhitzt wird. In einer solchen Atmosphäre ist die Geschwindigkeit sowohl der positiven als auch der negativen Entladung viel grösser als in Luft, und die negative Entladung ist stärker als die positive. Die negative nimmt mit steigender Temperatur zu, bis der Draht dem Schmelzpunkt nahe ist, um dann schnell abzunehmen, bis sie nur noch $^1/_5$ des Maximalwertes beträgt. Das Verhalten ist also so, als ob bei höherer Temperatur ebensolche Teilchen wie in Luft ausgesandt würden. Die Anwesenheit solcher Teilchen im Wasserstoff kann auch durch ihre Wirkung als Kerne für die Kondensation von Wasserdampf gezeigt werden.

Trotzdem reicht aber die Annahme derartiger Teilchen nicht dazu aus, um die in meiner früheren Mitteilung besprochene Erscheinung vollständig zu erklären. Ich hatte dort festgestellt, dass, wenn der Draht im Vakuum erhitzt wird, die Entladungsgeschwindigkeit zu Anfang grösser ist als irgendwann später, dass ferner ein längeres Verbleiben des Drahtes an der Luft oder ein Erhitzen an der Luft ihn in keiner Weise beeinflusst, während ein Erhitzen in der Wasserstoffatmosphäre ihm im vollen Masse seine Fähigkeit wiedergab, eine Entladung hervorzurufen. Dies kann nicht mit der Annahme solcher Teilchen erklärt werden, während es sehr wohl mit der Annahme erklärt werden könnte, dass wenigstens ein Teil der Entladung zu Trägern die Ionen hat, die von okkludiertem Wasserstoff herrühren. Der Umstand, dass bei höheren Temperaturen das den Draht umgebende Gas ionisiert wird, während dies bei niedrigeren nicht der Fall ist, lässt den Vorgang so erscheinen, als ob bei höheren Temperaturen die Entladung von einer anderen Art Ionen getragen würde. Ein Teil der Vorgänge kann also mit der Annahme okkludierten Wasserstoffes, ein anderer Teil mit der Annahme erklärt werden, dass sich vom Drahte Teilchen loslösen. Wahrscheinlich wirken beide Umstände mit. Möglicherweise wirken auch die ausgesandten Teilchen in doppelter Hinsicht, indem sie zunächst direkt durch Ladung der bereits gebildeten Ionen wirksam sind, dann aber auch, indem sie in dem den Draht umgebenden Gase Ionen bilden dürften, die sich langsamer bewegen als die innerhalb des Drahtes gebildeten.

Es hat sich mir die Frage aufgedrängt, ob es nicht möglich sein sollte, ohne eine Abänderung gewisser aus Potentialmessungen in der Umgegend eines heissen Platindrahtes gezogener Schlussfolgerungen auszukommen. Ich möchte es nicht bezweifeln, dass zwischen dem Drahte und dem umgebenden Gase eine Potentialdifferenz besteht. Wahrscheinlich ist dies bloss ein anderer Ausdruck dafür, dass die negativen Ionen von den Platinteilchen stärker angezogen werden als die positiven. Aber ist es nicht auch denkbar, dass die positiven und negativen Ionen mit verschiedenen Geschwindigkeiten diffundieren, und dass die gemessene Potentialdifferenz zum Teil diesem Umstande zuzuschreiben ist, anstatt ganz auf Rechnung

des Potentialabfalles an der Kontaktfläche zu kommen? Zum Beispiel bewegen sich die negativen Ionen, die gebildet werden, wenn ein Platindraht in Wasserstoff erhitzt wird, in einem Kraftfelde schneller als die positiven. Deswegen dürften sie auch wahrscheinlich dann, wenn von vornherein keine Potentialdifferenz besteht, schneller diffundieren, und das Potential des den Draht umgebenden Gases dürfte im Vergleich zu dem des Drahtes negativ werden, nicht etwa infolge irgend einer an den Berührungsflächen vor sich gehenden Wirkung, sondern infolge der den beiden Ionenarten zukommenden verschiedenen Diffusionsgeschwindigkeiten. Doch bedarf der Gegenstand wohl weiterer Untersuchung.

Es war mir nicht möglich, eine Bestimmung der Ionengeschwindigkeit im Vakuum vorzunehmen. Eine ausführliche Darstellung meiner diesbezüglichen Versuche sowie der ganzen hier kurz zusammengefassten Arbeit erscheint nächstens in der Physical Review.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 18. März 1902.)

Galvanometrische Messung des elektrischen Ausgleichs zwischen den Ionenladungen der Atmosphäre und der Ladung der Erdoberfläche.

Von H. Ebert.

Durch den Nachweis freier Ionen in der Atmosphäre und die Anwendung der durch Laboratoriumsexperimente gewonnenen Erkenntnisse über die Eigenschaften der Gasionen beginnen die bis dahin so rätselhaften Phänomene der atmosphärischen Elektrizität, des elektrischen Erdfeldes und der negativen Eigenladung des Erdkörpers sich allmählich aufzuhellen.[1]) Wesentlich ist aber vor allem noch, dass auf den verschiedenen hier in Betracht kommenden Gebieten gezeigt werde, dass nicht nur in qualitativer, sondern auch in quantitativer Hinsicht der in der Atmosphäre angetroffene Ionengehalt genüge, um die genannten Erscheinungen zu erklären. Eine der hier sich darbietenden Fragen ist die, ob die in der Atmosphäre von den Ionen mitgeführten Ladungen ausreichen, um die an der Erdoberfläche beobachteten elektrischen Ausgleiche zu ermöglichen. Linss[2]) stellte schon 1887 durch direkte Messungen fest, in welcher Zeit sich die nie fehlende Ladung der Erdoberfläche erneuere, und fand in einem gegebenen Falle mittels eines auf Erdpotential geladenen Metallkörpers dafür die Dauer von rund 100 Minuten. Dies würde also einer minutlichen Neutralisationsgeschwindigkeit einer gegebenen Ladung von 1 Proz. entsprechen. Auf unserer bayrischen Hochebene erhalten wir aber bei günstigen atmosphärischen Bedingungen, insbesondere bei Föhnlage mitunter den zehnfachen Betrag dieser Entladungsgeschwindigkeit.

War hiernach schon an einer kleinen Metallfläche ein nicht unerheblicher Ionenstrom zu erwarten, so durfte man hoffen, bei genügender Vergrösserung der aufnehmenden Fläche den der Erde aus der Atmosphäre her zugehenden elektrischen Strom direkt galvanometrisch verfolgen zu können. Zu diesem Zwecke wurde eine zwei Quadratmeter grosse, rechteckige Weissblechtafel im Freien in horizontaler Lage auf 6 Pfählen gut isoliert aufgestellt. Als Beobachtungsort konnte die obere Kante eines steil nach der Isar 70 m tief abfallenden Hanges (der sog. „Weissen Wand"), 25 km südlich von München (bei Icking), gewählt werden, ein Platz, der inmitten eines ausgedehnten Waldterrains gelegen, von vornherein als besonders günstig erscheinen musste. Die Platte lag bei den ersten Versuchsreihen 1 m über dem Boden, später wurde sie auf einem Lattengerüste 4 m über der Erdoberfläche von den isolierenden Trägern frei in der Luft gehalten. Von der Platte führte ein Draht zu einem Doppelschlüssel, mit dessen Hilfe die Platte 1. direkt geerdet, 2. isoliert und 3. durch ein hochempfindliches Edelmannsches Spulengalvanometer hindurch zur Erde abgeleitet werden konnte.

Die Isolationen wurden wiederholt sorgfältig geprüft; wurde absichtlich ein Isolationsmangel und damit ein teilweiser Erdschluss der Luftplatte herbeigeführt, so riefen die an der kupfernen Erdplatte, den Berührungsstellen der metallischen Verbindungen u. s. w. bestehenden E.-M.-Kräfte einen Strom hervor, der der Richtung nach jenem entgegengesetzt verlief, welcher bei den Messungen selbst — dem Ausgleich von Erd- und Luftelektrizität entsprechend — erhalten wurde. Eine derartige Störungsquelle hätte also die beobachteten Ausschläge nur vermindern, aber keineswegs selbst hervorrufen können.

Schon bei den ersten Versuchen ergab sich, dass es zweckmässiger war, statt Dauerstrom zu beobachten, das Galvanometer ballistisch zu benutzen. Danach ergab sich folgendes Beobachtungsschema: 1. Die Platte wurde direkt mit der Erde verbunden und lud sich auf das Potential der Erdoberfläche, d. h. wurde, da nur bei klarem Wetter, also bei „Schönwetterelektrizität", und damit bei positivem Gefälle gearbeitet wurde, negativ in Bezug auf die umgebenden atmosphärischen Massen. Hierauf

1) Vergl. in dieser Hinsicht den überaus instruktiven Vortrag von H. Geitel: Über die Anwendung der Lehre von den Gasionen auf die Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität. pp. 27. Braunschweig. 1901.

2) Linss, Meteorol. Zeitschr. 4, 345, 1887.

wurde 2. die Platte von Erde abgeschaltet und eine hinreichende Zeit lang (s. w. u.) isoliert sich selbst überlassen. Während dieser Zeit musste die negative Elektrizität der Platte durch die herangezogenen + Ionen der Luft neutralisiert werden. Wurde dann 3. die Platte durch das Galvanometer hindurch geerdet, so zeigte sich in der That unter den genannten luftelektrischen Bedingungen stets ein Ausschlag, der einem Strome von + Elektrizität entsprach, der von der Platte zur Erde ging.

Die zum Ausgleiche nötige Zeit wurde dadurch ermittelt, dass zunächst bei 2. durch längeres Warten der bei den vorhandenen Witterungsbedingungen erreichbare Maximaleffekt festgestellt wurde, und dann die Ausgleichszeit so lange verkürzt wurde, bis sich eine eben merkliche Verminderung der Ausschläge zu zeigen begann; das nächstlängere Zeitintervall wurde dann, als die zum Ausgleich der Erdladung nötige Zeit, den weiteren Messungen zu Grunde gelegt. Dabei ergab sich nun folgendes: Die Platte allein gab nur sehr langsame Ausgleiche. Dabei war es gleichgültig, ob die Platte von direkten Sonnenstrahlen getroffen wurde oder im (Wolken-) Schatten lag; ein Hallwachseffekt war also bei der verzinnten Platte, wenn überhaupt vorhanden, mit den verwendeten Hilfsmitteln nicht nachzuweisen. Die Wirkung wurde aber sofort sehr wesentlich erhöht, wenn die Platte mit Vegetation bedeckt wurde. Zu dem Zwecke wurden Rasenstücke abgestochen, und damit die Platte vollkommen überdeckt; in die Rasendecke wurden dann frische Buchenzweige oder bei anderen Versuchen Wedel von Nadelbäumen gesteckt; dieselben hielten sich, wenn gelegentlich angefeuchtet, mehrere Tage lang frisch. Auf diese Weise war gewissermassen ein Stück der mit Vegetation bedeckten Erdoberfläche herausgehoben und, von den übrigen Teilen derselben isoliert, einer gesonderten Beobachtung der sich vollziehenden elektrischen Ausgleiche zugänglich gemacht. Bei der in dieser Weise bedeckten Platte war der Ausgleich gewöhnlich schon in 5 Minuten vollkommen beendet. Im übrigen hängt sowohl die Ausgleichszeit wie die zum Ausgleich gelangte Elektrizitätsmenge ausserordentlich stark von den Witterungsbedingungen ab. Bei klarem, hellem Wetter ist die zwischen Atmosphäre und Erde pro Zeiteinheit ausgetauschte Elektrizitätsmenge am grössten; sie wird sofort stark herabgesetzt, sowie Trübungen der Luft oder gar Nebelbildung in den niederen Schichten eintreten. Es besteht also in der That ein ganz bestimmter quantitativer Parallelismus zwischen der Ionenführung und der Ionenbeweglichkeit der Atmosphäre, wie er beim Zerstreuungsapparate zum Ausdruck kommt, mit der Geschwindigkeit, mit welcher die Erdladung selbst neutralisiert wird.

Es ist hier nicht der Ort, Einzelwerte der verschiedenen über September und Oktober vorigen Jahres sich verteilenden Messungsreihen mitzuteilen. Nur um einen ungefähren Anhalt über die in Betracht kommende Grössenordnung zu geben, sei erwähnt, dass um die Mittagszeit an schönen, klaren Herbsttagen am genannten Orte nach 5 Minuten Ausgleichszeit ballistische Ausschläge erhalten wurden, welche entladenen Elektrizitätsmengen von rund 10^{-9} Coulomb entsprechen. Denkt man sich diese Ladung der 2×10^4 cm^2 grossen Platte in gleichförmigem Ionenstrome aus der Atmosphäre zufliessend (was natürlich nicht genau der Fall ist, da der Ausgleich anfangs rasch, später immer langsamer erfolgt), so erhält man eine mittlere Stromdichte von $10^{-9}/5.60.2.10^4$ oder $1,7 . 10^{-16}$ Ampère/cm^2, d. h. von $1,7 . 10^{-6}$ Ampère pro km^2 oder 300000 elektrostatischen Einheiten in der Minute pro km^2.

Aus den Linssschen Messungen folgen Werte von 16000 bis 125000 E. S. Mengeneinheiten pro Minute und km^2, je nach dem Werte des Potentialgefälles an der Erdoberfläche.[1]) E. Rutherford und S. J. Allen[2]) fanden in einer zwischen zwei konaxialen Cylindern eingeschlossenen ruhenden Luftmasse bei 50,9 Volt/cm Gefälle einen maximalen Ionenstrom von rund $0,42 . 10^{-16}$ Ampère/cm^2, also Stromdichten von etwa derselben Grössenordnung wie den hier im Freien konstatierten. Vielfach waren freilich die von mir erhaltenen Ionenströme auch von grösserer Intensität, so namentlich bei Föhn, der immer sehr ionenreiche Luft und namentlich die einer rascheren Entladung der negativen Platte günstigen + Ionen mit sich führt. Auch dieses stimmt gut mit den Rutherford-Allenschen Messungen insofern zusammen, als bei letzteren nur die in der Luft selbst pro cm in der Zeiteinheit regenerierten Ionenmengen den Strom lieferten, nicht aber, wie bei meinen Beobachtungen von aussen her wirkende Ursachen, wie die Föhnbewegung, die neutralisierten Ionen ergänzten.

Die Versuche sollen in diesem Sommer mit grösseren, im Freien ausgespannten, gut isolierten dichten Drahtnetzen fortgeführt werden, bei gleichzeitiger genauerer Bestimmung der Ionenführung der unteren atmosphärischen Schichten mittels des Aspirationsverfahrens sowie des Potentialgefälles des Erdfeldes am Beobachtungspunkte.

1) Vergl. Meteorolog. Zeitschrift **18**, 291, 1901.
2) Diese Ztschr. **3**, 227, 1902.

München, physikalisches Institut der Techn. Hochschule, April 1902.

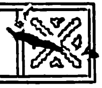
(Eingegangen 20. April 1902.)

REFERATE.



Allgemeine Chemie.

Besorgt von Privatdozent Dr. A. Coehn.



R. Knietsch, Über die Schwefelsäure und ihre Fabrikation nach dem Kontaktverfahren. Vortrag gehalten vor der Deutsch. Chem. Ges. am 19. Oktober 1901. Berichte der Deutsch. Chem. Ges. 34, 4069, 1901.

Wenn auch der bei der Schwefelsäuredarstellung stattfindende chemische Prozess,

$$2\,SO_2 + O_2 = 2\,SO_3 + 45200 \text{ cal},$$

exothermisch verläuft, so vollzieht sich diese Reaktion doch sehr langsam, so dass man schon immer zur Beschleunigung einen Katalysator hinzusetzen musste. Bei dem Bleikammerverfahren spielt die Salpetersäure mit ihren niedrigeren Oxydationsstufen diese Rolle, ohne dass es indessen dabei gelingt, wasserfreie Säure zu erhalten. Es war deshalb wünschenswert, einen Katalysator zu finden, der Schwefeldioxyd direkt und vollkommen mit Sauerstoff zu Schwefeltrioxyd zu vereinigen vermochte. Schon 1831 fand der Essigsäurefabrikant Phillips aus Bristol einen solchen in dem fein verteilten Platin, dem sich nach Angabe Wöhlers und Mahlas (1852) einige Metalloxyde (besonders ein Gemisch von Kupferoxyd und Chromoxyd) beigesellten. Nach vielen vergeblichen Versuchen, das Kontaktverfahren in die Praxis einzuführen, schlief das Interesse daran ein, bis es durch Winklers Arbeit (1875) wieder geweckt wurde. Besonders die Badische Anilin- und Soda-Fabrik nahm das Verfahren auf, und hier gelang es Knietsch, danach Schwefelsäure und Oleum jeder Konzentration im Grossbetriebe herzustellen. Die angewendeten Gase müssen auf das peinlichste von den geringsten Spuren Arsen befreit werden, weil dieses in kurzer Zeit die Kontaktmasse, Platinasbest, vollständig wirkungslos macht. Das Platin selbst, das alle übrigen Katalysatoren übertrifft, vermag bei 450° das Gasgemisch am raschesten und vollkommensten (98 %) zu vereinigen. Eine Erhöhung der Temperatur hat eine Zersetzung des gebildeten SO_3 zur Folge, die nun auch wieder bei der Gegenwart von Platinasbest ausserordentlich beschleunigt wird. Im Gegensatz zur Annahme Winklers erhöht, wie aus dem Massenwirkungsgesetz leicht ersichtlich ist, eine Vermehrung des Sauerstoffes dem stöchiometrischen Gemisch $2\,SO_2 + O_2$ gegenüber den Nutzeffekt bedeutend, weshalb auch eine Verarbeitung der Röstgase, die ca. $2\,SO_2 : 3\,O_2$ enthalten, rationell ist. Obgleich nun die Lösungswärme des Schwefeltrioxyds in Wasser bedeutender ist wie in Säure jeder Konzentration, wird dasselbe doch von einer 97—98 %igen Säure viel rascher und vollkommener aufgenommen, so dass in einem Gefäss vollständige Absorption stattfindet. Wenn man nun die Eigenschaften der hydratischen Schwefelsäure und des Oleums von verschiedener Konzentration betrachtet, zeigt sich, dass bei der Säure von diesem Prozentgehalt die Siedepunktskurve, die stetig ansteigt, eine scharfe Spitze bildet, um dann nach der reinen Säure und dem Oleum zu wieder abzufallen und beim reinen Schwefeltrioxyd den tiefsten Punkt zu erreichen. Die Dampfspannung zeigt bei dieser 98 %igen Säure ein Minimum und wächst bei dem geringsten Gehalt an freiem SO_3 rasch an. Das spezifische Gewicht der hydratischen Schwefelsäure ist hier bekanntlich am höchsten, nimmt nach der reinen Säure zu etwas ab, um dann mit steigendem SO_3-Gehalt im Oleum wieder anzusteigen, bis bei einer rauchenden Säure mit 65 % SO_3 ein Maximum erreicht wird. Die elektrische Leitfähigkeit nimmt hier rapid ab, steigt dann im Oleum ebenso schnell wieder an, erreicht bei einer rauchenden Schwefelsäure von 15 % SO_3 ein Maximum und fällt dann bei zunehmendem SO_3-Gehalt wieder plötzlich. Hand in Hand damit steigt und fällt die Angreifbarkeit des Schmiedeeisens, so dass Gefässe aus solchem Material zum Aufbewahren der 98 %igen Säure und des hochprozentigen Oleums sich vorzüglich eignen. Die Schmelzpunktskurve nun zeigt 5 Gipfelpunkte, die den Siedetemperaturen des freien SO_3, der Pyroschwefelsäure, der reinen Schwefelsäure, des Hydrates $H_2SO_4 \,.\, H_2O$ und des reinen Wassers angehören. Die dazwischen liegenden Minima entsprechen den Schmelzpunkten ihrer Kryohydrate. Während die Lösungswärme der hydratischen und rauchenden Schwefelsäure mit steigendem Prozentgehalt stetig ansteigt, nimmt die spezifische Wärme nur bis zum Oleum mit 20 % freiem SO_3 ab, worauf sie rasch wieder höhere Werte annimmt. Die Viskosität nimmt mit steigendem Säure- bezw. SO_3-Gehalt zu, und erreicht bei dem Oleum von 50 % freiem SO_3 ein Maximum. Das reine SO_3 besitzt dann wieder die Viskosität reinen Wassers. Die Kapillarität nimmt dagegen mit steigendem Prozentgehalt ab. Ebenfalls bei einer rauchenden Säure mit 50 % freiem SO_3 wendet sich ihre Kurve mit scharfem Knick abwärts.

Ferd. Glaser.

(Eingegangen 5. März 1902.)



Physikalische Chemie.

Besorgt von Prof. Dr. G. C. Schmidt.



A. Finkelstein, Über passives Eisen. (Ztschr. physikal. Ch. 39, 91—110, 1901).

Seitdem Hittorf vor einigen Jahren nachgewiesen, dass das Chrom viel leichter in den passiven Zustand übergeführt werden kann, als das Eisen und längere Zeit in diesem Zustande verharrt, und ferner dass diese Erscheinung nicht, wie man bis dahin allgemein annahm, auf eine dünne Oxydhaut, welche die Oberfläche des Eisens bez. Chroms bedeckt, zurückgeführt werden darf, haben sich die Chemiker und Physiker in erhöhtem Masse mit diesem Gegenstande beschäftigt. Die von Ostwald gefundene und untersuchte Thatsache, dass ein bestimmtes Stück Chrom sich in gut ausgebildeten Perioden in Säuren löst, rührte von einer Verunreinigung her und konnte an anderen Präparaten bisher nicht wieder aufgefunden werden. Vor kurzem hat Herr A. Finkelstein auf Grund einer Reihe von im Nernstschen Institut ausgeführten Versuchen eine Hypothese entwickelt, wonach passives Eisen dreiwertiges Eisen im metallischen Zustand ist. Vermag diese Annahme auch über eine Reihe von Erscheinungen keine Rechenschaft zu geben, so soll über sie doch hier berichtet werden, weil sie viele Einzelthatsachen dieses Gebietes einheitlich zusammenzufassen erlaubt, und daher wohl die Hoffnung nicht ganz abzuweisen ist, dass ein besserer Ausbau der Theorie auch die bis jetzt noch dunklen Punkte aufklären wird.

Zunächst wurde die Polarisationskapazität und der Widerstand passiven Eisens nach der Nernstschen Methode untersucht. Die letztere besteht darin, die elektrolytische Zelle in der Wheatstoneschen Brücke mit Wechselströmen zu untersuchen, indem man ihren Widerstand mit einem Widerstand, ihre Kapazität mit einem Kondensator kompensiert. Eine polarisierbare Elektrode ist einem Kondensator nur dann gleichwertig, wenn keine irreversiblen Vorgänge an ihr geschehen. Im vorliegenden Falle waren nun drei Möglichkeiten vorauszusehen. Entweder ist die Elektrode aus passivem Eisen zu kompensieren durch einen Kondensator mit mässiger Kapazität und nebengeschaltetem Widerstand; dann ist sie ein wahrer Kondensator mit einem schwer leitenden Oxyd als Dielektrikum. Oder sie ist zu kompensieren durch einen Kondensator mit grosser Kapazität ohne nebengeschalteten Widerstand, dann verhält sie sich wie eine Elektrode aus Platin oder anderem Edelmetall. Oder sie ist überhaupt nicht zu kompensieren, dann ist zu vermuten, dass nicht umkehrbare Vorgänge mitspielen.

Der Versuch ergab, dass eine Zelle, gebildet aus Salpetersäure mit Eisenelektroden, durch einen Kondensator von grosser Kapazität ohne nebengeschalteten Widerstand zu kompensieren ist, dass somit das passive Eisen von keiner schlecht leitenden Oxydschicht bedeckt ist.

Abhängigkeit der Kapazität vom Elektrolyten. Die Kapazität ist vom Elektrolyten unabhängig. Daraus ist zu schliessen, dass das elektromotorisch wirksame Ion entweder in allen untersuchten Lösungen die gleiche Konzentration hat oder seine Konzentration beim Stromdurchgang nicht ändert. Das zweite ist der Fall beim Sauerstoffion, denn das Wasser bildet ein Reservoir, das mit praktisch unendlicher Geschwindigkeit verschwindende Sauerstoffionen nachliefert und neu entstehende aufnimmt. Passives Eisen ist also als eine Sauerstoff- und nicht als eine Eisenelektrode anzusehen, was damit in Übereinstimmung steht, dass Sauerstoff daraus entwickelt wird und kein Eisen in Lösung geht. Ferner ist zu schliessen, dass der Sauerstoff in veränderlicher Konzentration darin enthalten ist, denn sonst wäre die Elektrode unpolarischer und die Kapazität unendlich.

Abhängigkeit der Kapazität vom Zustande des Eisens. Je stärker das Oxydationsmittel ist, mit dem Eisen passiviert wird, desto stärker und beständiger ist die Passivität, desto konzentrierter also wahrscheinlich die Sauerstoffbeladung. Andererseits sollte die Kapazität der Sauerstoffkonzentration in der Elektrode direkt proportional sein, also im selben Sinne wachsen, wie die Stärke der Passivierung. Die Messungen bestätigten diese Vermutung.

Eisen, das mit Eisenoxyd bezw. Oxyduloxyd bedeckt ist, verhält sich in der Brücke wie eine Elektrode aus unedlem Metall mit grosser, schwer bestimmender Kapazität.

Elektromotorisches Verhalten des Eisens. Eisen gegen Komplexsalze. Eisen gegen Mischungen von Ferri- und Ferrosalze. Wenn passives Eisen eine Sauerstoffelektrode ist, so muss seine elektromotorische Kraft von der Sauerstoffionenkonzentration in der Lösung abhängig und von der Eisenionenkonzentration unabhängig sein. Die Konzentration der Sauerstoffionen ist in weiten Grenzen veränderlich durch Veränderung des Säuretiters, die der Eisenionen durch Zusatz eines Komplexbildners wie Cyankalium. Die Messungen zeigten jedoch ein unerwartetes Resultat, nämlich dass Cyankalium Eisen passiviert. Eisen lässt sich in Ferrilösung passivieren und zwar weiches Eisen schwierig, hartes leichter, beide gradweise entsprechend dem Mischungsverhältnis von Ferro- und Ferrisalz. Der passive Zustand ist, wie schon Hittorf fand, nirgends scharf von dem aktiven unterschieden. Er scheint das Endglied der Zustände zu sein, die Eisen annimmt, wenn man in der umgebenden

Lösung das Konzentrationsverhältnis $\frac{Fe^{\cdots}}{Fe^{\cdot\cdot}}$ stetig steigert.

Zersetzungskurven des Eisens. Die kathodische Zersetzungskurve von Ferrisalzen deutet darauf hin, dass sich Eisen vorübergehend in edler Form abscheidet. Die anodische Polarisationskurve von Eisen lässt den Eintritt der Passivität scharf erkennen. Das zugehörige Potential ist unabhängig vom Säuregehalt und sinkt mit dem Eisengehalt der Lösung.

Theorie. Oxydschichttheorie. Aus der Messung der Polarisationskapazität geht hervor, dass passives Eisen entweder ein Metall ist, oder dass die etwa vorhandene Oxydschicht metallisch leitet und ausserdem noch die Eigenschaft besitzt, Sauerstoff zu lösen. Ein Oxyd mit solchen Eigenschaften erlaubt die Methode nicht, von einem Edelmetalle zu unterscheiden. Aus den Messungen der E. M. K. geht jedoch hervor, dass wenn man die Kurve, welche die Beziehung zwischen E. M. K. des Eisens zu dem Verhältnis $\frac{Fe^{\cdots}}{Fe^{\cdot\cdot}}$ auf hohe Werte des Quotienten extrapoliert, man passives Eisen erhält. Die Passivität hat also mit einer Oxydschicht nichts zu thun, was auch daraus hervorgeht, dass das mittelstarke Reduktionsmittel Cyankalium Eisen passiviert. Aus den anodischen Polarisationskurven in H_2SO_4 lässt sich ein Beweis beibringen, dass Eisen nicht durch eine Oxydhaut passiviert wird. Denn in dem Augenblick, wo Eisen passiv wird, zeigt sich ein scharfer Knick, der unabhängig von der Konzentration der Wasserstoffionen ist und sich mit Eisengehalt der Lösung verschiebt. Daraus folgt, dass passives Eisen kein Oxyd, sondern eine metallische Modifikation des Eisens ist.

Wertigkeitstheorie. Hittorf hatte die Passivität auf einen „Zwangszustand" der Moleküle zurückgeführt. Über diesen Zustand hat sich der Verfasser eine spezielle, schon in der Einleitung erwähnte Vorstellung gebildet, nach der die Passivität zu stande kommt durch eine Verschiebung des Verhältnisses der dreiwertigen zu den zweiwertigen Ionen im Metall.

Die bekannte Nernstsche Formel:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} R\,T\,ln\,\frac{P}{p},$$

wo ε die E. M. K., n die Wertigkeit, P der Lösungsdruck und p der osmotische Druck bedeutet, gilt nur solange, als kein Teil der Stromarbeit auf Umladen verschiedenartiger Ionen verwandt wird. Für den letzteren Fall findet Peters für unangreifbare Elektroden:

$$\varepsilon = R\,T\,ln\,\frac{p_{\text{Ferro}}}{p_{\text{Ferri}}} + C.$$

In Eisenelektroden in Eisenlösung haben wir es mit beiden Vorgängen zu thun. Betrachtet man nämlich Eisen als eine Legierung von Ferri- und Ferrometall und bringt es in eine ferrihaltige Lösung, so wird das unedle Ferrometall in Lösung gehen und eine Haut edlen Ferrimetalles niederschlagen. Letzteres wird sich in Ferrometall verwandeln, da bei gegebener Temperatur und gegebenem Drucke nur eine Verteilung der beiden Bestandteile in Metall beständig sein kann. Geht die Umwandlung langsam von statten, so ist die Elektrode unangreifbar, geht sie schnell, so wird man überhaupt keine Passivität beobachten. Die Geschwindigkeit ist nach den Versuchen grösser im weichen als im harten Eisen, wie beim induzierten Magnetismus. Sie wächst schnell mit steigender Temperatur und scheint für mittlere Entfernungen vom Gleichgewicht durch ein Maximum zu gehen, denn stark passives oder nahezu reines Ferrieisen hat eine gewisse Beständigkeit, während die Zwischenzustände kaum zu beobachten sind.

Nach dieser Hypothese lassen sich die meisten Erscheinungen des passiven Eisens leicht erklären. Man versteht, dass passives Eisen als Elektrode sich genau wie eine Edelmetallelektrode verhält, dass die E. M. K. im Cyankalium erniedrigt wird. Die kathodische Zersetzungskurve von Ferrilösung lässt sich jetzt so auffassen, dass sich Ferrieisen in dünner Schicht oder als Legierung mit dem Elektrodenmetall abscheidet und schnell in Ferroeisen übergeht. Das Ferrometall löst sich wieder auf, indem drei Äquivalente zwei Äquivalente Ferrimetall niederschlagen; das dritte liefert der Strom nach. So wandert allmählich das ganze Ferrieisen der Lösung in diese Schicht und verlässt sie als Ferroeisen.

Es erklärt sich auch, dass das Passivierungspotential vom Eisengehalt der Lösung abhängig und vom Säuretiter unabhängig ist. Die verwickelten Verhältnisse in Salpetersäure werden übersichtlich angesichts der Thatsache, dass verdünnte Salpetersäure Eisen zu Ferrosalz, konzentrierte zu Ferrisalz löst. Man versteht, warum Chrom sich leichter als Eisen und dieses leichter als Nickel und Kobalt passivieren lässt, da Chromosalz Wasser zersetzt, von Eisen beide Oxydationsstufen und von Nickel und Kobalt nur die niederen beständig sind.

Andererseits bleibt der charakteristische plötzliche Übergang vom passiven in den aktiven Zustand und die Thatsache, dass Halogenionen den Eintritt der Passivität durchgängig erschweren, unaufgeklärt. Diese Punkte müssen noch neue Untersuchungen aufklären.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 1. Februar 1902.)



Technische Mechanik.

Besorgt von Prof. E. Meyer.



C. von Szily, Zugversuche mit auf inneren Druck beanspruchten Röhren. Kongress des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik in Budapest 1901.

In jedem Punkte der Wandung eines beiderseits geschlossenen kreiscylindrischen Rohres, das einem inneren Flüssigkeitsdruck ausgesetzt wird, sind 3 Hauptspannungen vorhanden: Die grösste ist eine Zugspannung, welche in der Richtung der Tangente an den Rohrquerschnitt wirkt, die mittlere ist eine Zugspannung in Richtung der Rohrachse, die kleinste ist eine radial gerichtete Druckspannung. Vergleicht man die bei einer derartigen Beanspruchung beobachteten Deformationen des Rohres mit denjenigen, welche auftreten, wenn man das Rohr einer äusseren in Richtung der Rohrachse wirkenden Zuglast unterwirft, oder wenn man beide Belastungsarten kombiniert, so kann man über eine Anzahl wichtiger Fragen, die für die Festigkeitslehre von prinzipieller Bedeutung sind, Aufschluss erhalten. Der Verfasser berichtet über derartige Versuche, die er an Flusseisen ausgeführt hat. Ein einfacher Zugversuch ergab zunächst, dass der Elastizitätsmodul E innerhalb weiter Grenzen für das verwendete Material konstant war. Ein weiterer Versuch mit innerem Druck, der allmählich gesteigert wurde, bis die grösste Hauptspannung die vorher ermittelte Proportionalitätsgrenze erreichte, bewies, dass auch bei dieser Beanspruchung die axialen Dehnungen den axialen Zugspannungen proportional waren. Der Proportionalitätsfaktor ist aber, weil die beiden anderen Hauptspannungen von Null verschiedene Werte haben, nicht gleich E, sondern $E\frac{m}{m-2}$, wo m der Poissonsche Koeffizient ist. Daraus folgt, dass m konstant ist, solange das Hookesche Gesetz gilt. Der so berechnete Wert von m war 3,5. Drittens wurde festgestellt, dass (innerhalb der Proportionalitätsgrenze) der Dehnungszuwachs, welchen ein bestimmter Zuwachs an äusserer Zuglast hervorrief, der gleiche war, wenn die Zuglast allein wirkte und wenn gleichzeitig mit ihr ein gewisser, konstanter innerer Druck vorhanden war; ebenso wurde umgekehrt für den gleichen Zuwachs an innerem Druck der gleiche Zuwachs an axialer Dehnung beobachtet, wenn der innere Druck allein wirkte und wenn eine konstant bleibende Zuglast aufgebracht war. Dadurch war auch die Gültigkeit des Superpositionsgesetzes für das Material erwiesen.

Von grossem Interesse für die noch nicht endgültig gelöste Frage, wodurch der Eintritt bleibender Deformationen und des Bruches bedingt ist, sind die Ergebnisse der Zerreissversuche. Sie wurden in der Weise ausgeführt, dass man das Rohr einem beträchtlichen, während des ganzen Versuches konstant gehaltenen, inneren Druck aussetzte und die aussen aufgebrachte Zuglast so lange steigerte, bis das Rohr zerriss. In einem Parallelversuch wurde ein Rohr aus gleichem Material und von gleichen Abmessungen durch eine äussere Zuglast allein zerrissen. Bei einem einfachen Zugversuch sind drei besonders charakteristische Punkte zu beachten: Die Proportionalitätsgrenze, die Streckgrenze und der Bruch. Die erstgenannte kann man bei Flusseisen nach sonstigen Erfahrungen zugleich als Elastizitätsgrenze ansehen, die hier nicht eigens bestimmt wurde. Nach der heute in der Technik noch fast allgemein benutzten Theorie treten bleibende Deformationen dann auf, wenn die positive oder negative Hauptdehnung eine gewisse, dem Material eigentümliche Grenze überschreitet. Bei den beiden Hauptversuchen mit kombinierter Beanspruchung war der innere Überdruck so bemessen, dass die tangentiale Hauptspannung die Proportionalitätsgrenze nicht ganz erreichte. Somit war an der Elastizitätsgrenze die grösste Spannung und die grösste Dehnung axial gerichtet, wie beim einfachen Zugversuch. Die Gesamtdehnung betrug an der Elastizitätsgrenze bei kombinierter Beanspruchung 0,52 ‰, bei einfachem Zug 0,71 ‰. Zwei aus dem gleichen Blocke wie die Rohre herausgearbeitete volle Rundstäbe zeigten beim einfachen Zugversuch 0,70 ‰ Dehnung an der Elastizitätsgrenze. Die Dehnungstheorie ist also gar nicht bestätigt. Dagegen war in allen drei Fällen die Grenzspannung in axialer Richtung beinahe gleich: bei den Rundstäben im Mittel 1450^{at}, bei den Rohren mit einfacher Zugbeanspruchung im Mittel 1500^{at}, bei den Rohren mit innerem Drucke, der einen Beitrag zur axialen Spannung von 590^{at} lieferte, die Gesamtspannung im Mittel 1400^{at}. Nach anderen sehr zahlreichen Beobachtungen kann man an der älteren Theorie, dass allgemein eine gewisse Grenze der grössten Hauptspannung für das Eintreten bleibender Deformationen massgebend sei, nicht festhalten. Mit den hier gefundenen Resultaten stimmt aber die Mohrsche Theorie[1]) recht gut überein, welche für Flusseisen annähernd mit der Theorie zusammenfällt, welche die grösste Schubspannung als Kriterium heranzieht. Die grösste Schubspannung ist gleich der halben Differenz zwischen der grössten und der kleinsten Hauptspannung. Durch diese Theorie wird daher auch die Abnahme der grössten Hauptspannung bei gleichzeitiger Wirkung des inneren Überdruckes p er-

1) Vergl. diese Zeitschrift, **2**, 422, 1901.

klärt, weil in diesem Fall die kleinste Hauptspannung nicht Null ist, sondern einen negativen Wert hat, der innerhalb der Wandung des Rohres von $(-p)$ mit wachsendem Radius auf Null steigt. Der Mittelwert $\left(-\frac{p}{2}\right)$ betrug bei den Versuchen 100^{at}. Es ist durch diese Versuche von neuem bewiesen, dass die Grösse der mittleren Hauptspannung gar keinen Einfluss auf die Elastizitätsgrenze hat, denn sie ist bei einfachem Zug Null, bei der kombinierten Beanspruchung fast gleich der grössten Hauptspannung. Bei einem anderen Versuchspaar überstieg die durch p hervorgerufene tangentiale Spannung die Proportionalitätsgrenze; es ist bemerkenswert, dass trotzdem im Verlauf des Versuches auch für die Achsenrichtung, d. i. die Richtung der mittleren Hauptspannung, eine Proportionalitätsgrenze deutlich erkennbar war.

Wesentlich anders als die Proportionalitätsgrenze verhält sich scheinbar die Streckgrenze bei verschiedener Beanspruchung. Die Gesamtspannung, bei welcher das Material sich zu strecken begann, wird für die kombinierte Belastung etwa 15 % höher angegeben, als die entsprechende Spannung bei einfachem Zuge. Es muss aber hervorgehoben werden, dass durch Hinzutreten des inneren Druckes das Spannung-Dehnung-Diagramm eine solche Form annimmt, dass es fast unmöglich ist, die Streckgrenze auf einen bestimmten Punkt festzulegen. Man wird in dieser Ansicht bestärkt, wenn man zum Vergleich Versuche von J. Guest heranzieht, welche mit denselben Belastungsarten an Rohren aus Stahl ausgeführt wurden. Auch Guest fand nicht unerhebliche Abweichungen zwischen beiden Streckgrenz-Spannungen, aber er fand bei 9 Versuchsreihen ebenso oft wie diejenige für Zug und Innendruck die für einfachen Zug grösser. Was endlich die Bruchgrenze betrifft, so zeigte sich folgendes: Die Grösse der äusseren Zuglast, die den Bruch herbeiführte, war nahezu unabhängig von dem Vorhandensein des inneren Druckes p. Die auf den ursprünglichen Querschnitt bezogene Gesamtbruchspannung war also bei kombinierter Beanspruchung etwa um den von p gelieferten Beitrag grösser, als beim einfachen Zuge. Diese Erscheinung hat aber nicht die prinzipielle Bedeutung, die ihr der Verfasser beilegt, sondern ist mehr zufällig. Der innere Druck behindert die Querkontraktion des Rohres, man muss also die Verschiedenheit der Querschnitte beim Bruche in Betracht ziehen, wenn man die Bruchspannungen vergleichen will. Die Querschnittskontraktion ausserhalb der Einschnürung betrug beim einfachen Zugversuch 16 % bezw. 19 % und geht bei Rohren mit entsprechend gleichen Abmessungen durch Mitwirkung von von p auf 12 % bezw. 11,2 % zurück. Die wirkliche Bruchspannung war demnach um 5 % bezw. 10 % kleiner beim einfachen Zuge als bei Zug und Innendruck, während in letzterem Falle der durch den inneren Druck hervorgerufene Beitrag 12 % bezw. 19 % beträgt. Die Bruchdehnungen, ausserhalb der Einschnürung gemessen, waren bei der einen Versuchsreihe gleich für beide Arten von Beanspruchung, nämlich 16 % im Mittel, bei der zweiten Versuchsreihe 21 % für einfachen Zug, 18 % bei kombinierter Belastung. Der Verfasser erblickt darin eine Bestätigung der Dehnungstheorie für den Eintritt des Bruches. Zu einem höchst überraschenden Resultat gelangt man, wenn man aus den Angaben über die Bruchdeformationen die Änderung der Dichte des Materials berechnet. Danach hat die Dichte bei kombinierter Belastung um 2 % bezw. 4,8 % abgenommen, beim einfachen Zug dagegen um 3,4 % bezw. 2,0 % zugenommen. Die beiden letzten Resultate namentlich sind im höchsten Grade befremdlich.

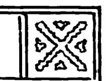
Der Verfasser glaubt, aus den Versuchsresultaten den Schluss ziehen zu dürfen, dass der scheinbare Verlauf des Zugversuches durch eine äussere Zuglast von dem Vorhandensein inneren Druckes unabhängig ist, und sieht darin den Keim zu einem verallgemeinerten Superpositionsgesetz, das vielleicht seine Gültigkeit bis zur Zerstörung des Materials behält. Eine solche Verallgemeinerung auf Grund einiger weniger Versuche, deren Einzelergebnisse ausserdem mit den Erfahrungen anderer Experimentatoren teilweise garnicht übereinstimmen, erscheint sehr gewagt. P. Roth.

(Eingegangen 7. Februar 1902.)



Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. H. Th. Simon.



A. E. Kennelly, Der neue Edison-Akkumulator. Electric. World a. Engin. 37, S. 867—869, 1901.)

Seit Entdeckung des Bleiakkumulators durch Gaston Planté ist man unausgesetzt bemüht gewesen, das Gewicht desselben im Vergleich zu seiner Aufspeicherungsfähigkeit nach Möglichkeit zu vermindern, um ihn auch zum Betrieb von Fahrzeugen aller Art brauchbar zu machen. Obgleich auf dieses Problem eine ausserordentliche Menge von Arbeitskraft und Scharfsinn verwandt werde, ist es doch nicht gelungen, den Bleiakkumulator in eine für Traktionszwecke geeignete Form zu bringen, alle Versuche scheiterten an dem Umstande, dass durch Verringerung des Gewichtes bei einer gegebenen Kapazität auch die Lebensdauer in noch höherem Grade

beeinträchtigt wird. Die Versuche, eine andere galvanische Kombination zu einem brauchbaren Akkumulator auszubilden, sind bisher auch ausnahmslos gescheitert, und zwar meist (wie z. B. bei dem Zinkkupfer-Akkumulator) daran, dass der Depolarisator im Elektrolyten nicht gänzlich unlöslich gewesen ist.

Edison glaubt nun durch nachstehend beschriebene Zelle das Problem des leichten und doch haltbaren Traktionssammlers gelöst zu haben. Die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen bestätigen in der That auch die meisten seiner Angaben. Auch vom theoretischen Standpunkte aus weist der neue Sammler manche Vorteile gegenüber dem Bleiakkumulator und den übrigen in Vorschlag gebrachten Zellen auf. Die positive Elektrode des neuen Sammlers besteht in geladenem Zustande aus einem Gemisch von fein verteiltem, schwammigen Eisen und Graphitpulver, die negative Elektrode aus einem in schwammförmigen Zustand befindlichen höheren Oxyd des Nickels (wahrscheinlich NiO_2), welches gleichfalls zur Erhöhung seiner Leitfähigkeit mit Graphitpulver durchmischt ist.

Als Elektrolyt wird eine wässrige Lösung mit 10—40 Gewichtsprozent Pottasche und 20 Proz. Ätzkali verwandt. Bei der Entladung wird der Eisenschwamm durch den elektrolytisch abgeschiedenen Sauerstoff oxydiert und gleichzeitig das Nickelsuperoxyd durch den kathodischen Wasserstoff zu einem niedrigeren Oxyd reduziert. Falls die bisher noch nicht erwiesene Zusammensetzung des hier in Frage kommenden, höheren Nickeloxydes der vermuteten Formel NiO_2 entspricht, so lässt sich der Entladungsvorgang voraussichtlich darstellen durch die Gleichung:

$$NiO_2 + Fe + 2H_2O = Ni(OH)_2 + Fe(OH)_2.$$

Der Ladungsvorgang wird durch dieselbe Gleichung wiedergegeben, wenn man sie in umgekehrter Richtung (von rechts nach links) liest. Der elektrolytische Prozess in der Edisonzelle besteht also bei der Entladung in einem Transport des Nickeloxydsauerstoffes zur Eisenelektrode und in Zersetzung von zwei Molekülen Wasser. Bei der Ladung wird der Sauerstoff wieder von der Eisenelektrode zur Nickelelektrode zurückgeführt und das verbrauchte Wasser in Freiheit gesetzt.

Die elektromotorische Kraft der vollgeladenen Zelle beträgt 1,5 Volt, die mittlere Entladespannung bei vollständiger Entladung annähernd 1,1 Volt. Die unten näher beschriebenen Elektrodentypen können mit einer Stromdichte von 0,93 Amp. pro dm^2 entladen werden.

Die mechanische Konstruktion der negativen und positiven Gitter ist die gleiche. Sie bestehen beide aus einer 0,61 mm starken Stahlplatte, in welche 24 rechtwinklige Löcher eingestanzt sind, so dass nur schmale Rippen übrigbleiben. In die Gitteröffnungen werden Briquettes mit aktivem Material eingepresst. Wie erwähnt, besteht das aktive Material der positiven Platten aus einem Gemisch von Nickelsuperoxyd und Graphit, dasjenige der negativen Platten aus einer Mischung von Eisenschwamm und Graphit. Um dem aktiven Material hinreichende Festigkeit zu geben, wird dasselbe mit einem Mantel von perforiertem Stahlblech (0,075 mm dick) umgeben. Die Briquettes fügt man in die Gitteröffnungen der Elektroden ein und setzt sie einem hydraulischen Drucke von 100 Tonnen aus, wodurch sie mit dem Stahlgitter zu einem Ganzen verbunden werden.

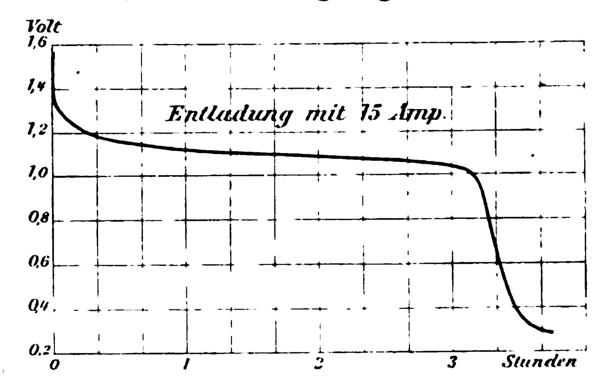
Angaben über die Herstellung des fein verteilten Eisens und Nickelsuperoxydes sind leider nicht gemacht.

Die Platten werden entweder in ein Gefäss aus isolierendem Material oder in einen Stahlblechbehälter eingebaut mit dazwischen geschobenen Streifen aus perforiertem Hartgummi. Nach längeren Versuchen soll es Edison gelungen sein, eine Stahllötung herzustellen, welche dem elektrolytischen Angriff und der Kalilauge dauernd Widerstand leistet. Infolge der Gegenwart der Pottasche werden die Eisenplatten selbst vor der Stromwirkung geschützt, indem sie in passiven Zustand übergehen, während das fein verteilte Eisen in den negativen Briquettes durch eine besondere chemische Behandlung vor dem Passivwerden geschützt sein soll.

Während der Ladung dehnen sich die positiven Briquettes aus und ziehen sich die negativen zusammen, die grosse Elastizität des einhüllenden Stahlbleches verhindert, dass durch diese Volumänderung der Kontakt zwischen aktivem Material und Träger gefährdet würde.

Bei Entladung finden natürlich die umgekehrten Volumänderungen statt.

Nachstehend ist eine Entladung mit konstantem Strome von 15 Amp. wiedergegeben, und zwar sind als Abscissen die Entladungszeiten in Stunden, als Ordinaten die Klemmenspannungen in Volt eingetragen.



Die Kurve gleicht in ihrem Verlauf vollkommen der Entladungskurve eines Blei-Akku-

mulators. Irgendwelche Lokalaktion soll an den Platten nicht bemerkt worden sein, ausgenommen nach starker Überladung.

Die Zelle soll bis zur völligen Erschöpfung entladen werden, ja sogar ohne Schaden zu nehmen mehrmals in verkehrter Richtung geladen werden können.

Die Nickelelektrode kann sowohl im geladenen wie im ungeladenen Zustande aus der Zelle herausgenommen und an der Luft getrocknet werden, ohne irgendwelche Veränderung zu erleiden, so dass sie nach dem Wiedereinsetzen nichts von ihrer Ladung eingebüsst hat. Die Eisenschwammelektrode oxydiert sich dagegen beim Trocknen unter Wärmeentwicklung und verliert dadurch ihre Ladung vollständig; jedoch ohne an ihrer Kapazität nach abermaliger Ladung Einbusse erlitten zu haben.

Der Hauptvorzug der neuen Zelle gegenüber dem Blei-Akkumulator besteht, wie erwähnt, in dem geringen Betrage des auf die Einheit an aufgespeicherter Energie bezogenen Zellengewichtes. Während die Energiekapazität des Bleisammlers 9—13 Wattstunden pro Kilogramm-Zellengewicht beträgt, soll sich diejenige des neuen Akkumulators auf 31 Wattstunden pro Kilogramm-Zellengewicht belaufen. Das würde bedeuten, dass sich eine Edisonzelle vermöge ihres eigenen Energieinhaltes auf eine Höhe von 11000 m würde erheben können, wogegen eine Bleizelle nur eine Höhe von 3200—4800 m erreichen würde.

Der Edison-Akkumulator verdankt sein geringes Gewicht teilweise den niedrigen Äquivalentgewichten von Eisen und Nickel, teilweise jedoch auch dem Umstande, dass entsprechend obiger Reaktionsgleichung durch den elektrolytischen Prozess nicht ein gelöster Stoff (wie z. B. die Schwefelsäure im Blei-Akk.), sondern das Lösungsmittel (Wasser) selbst verbraucht wird. Hierdurch wird die Verwendung eines sehr geringen Flüssigkeitsvolums ermöglicht. Die Herstellungskosten des neuen Sammlers sollen nicht grösser als diejenigen des Bleiakkumulators sein.

F. Dolezalek.

(Eingegangen 14. Februar 1902.)

BESPRECHUNGEN.

Looser, Versuche aus der Wärmelehre und verwandten Gebieten mit Benutzung des Doppelthermoskops. 2. verb. und vermehrte Auflage. gr. 8. VI und 131 S mit Figuren. Essen, H. G. Geck. 1901. Mk. 3.—

Das Loosersche Doppelthermoskop besteht bekanntlich aus zwei mit je einem Manometer verbundenen Luftkapseln von verschiedenster Form. Es ist ein Demonstrationsapparat von sehr weitgehender Verwendbarkeit, wie der Verfasser dies in dem vorliegenden Werkchen darthut. Er erweist sich in demselben als ein gewandter und erfahrener Experimentator. Zunächst werden 136 Versuche aus der Wärmelehre beschrieben, denen noch mehr als 20 Versuche über Joulesche Wärme, sowie eine weitere Zahl von Experimenten (137—158) zugefügt sind, in welchen allein das Manometer in Verwendung kommt. Zu bemerken ist, dass keiner der aufgeführten Versuche sich nur allein mit dem Looserschen Instrument ausführen liesse. Im Gegenteil hat die Benutzung desselben in manchen Versuchen etwas Erzwungenes; so z. B. bei Nr. 13 (65), wo für ein Clément-Désormessches Gefäss nur das Manometer des Thermoskops verwandt wird, oder bei Versuch 132, bei welchem ein Riesssches Luftthermometer an das Manometer angeschlossen wird. Übrigens ist dieses alte Instrument ein direkter Vorfahr des Thermoskopes.

Solange man sich auf blosse Demonstrationen und höchstens auf eine Ermittelung von Verhältniszahlen beschränkt, wird das Thermoskop gute Dienste thun. Ein Messinstrument, welches wirkliche Werte von physikalischen Konstanten auch nur für den Schulunterricht zu liefern vermag, ist es nicht, und solche kann man nicht entbehren. Das exakte Thermometer wird die Loosersche Experimentierkunst nicht ersetzen können. Und ob in Fällen, in denen man sonst (wie bei Versuchen über strahlende Wärme) die Thermosäule zu benutzen pflegte, nicht der über einer langen Skala spielende Lichtstreif des Galvanometers noch dem Looserschen Indikator vorzuziehen wäre, scheint kaum fraglich, ganz abgesehen davon, dass das Arbeiten stets nur mit einem einzigen Instrumente doch etwas recht Ermüdendes hat.

O. Behrendsen.

(Eingegangen 16. Januar 1902.)

R. Sissingh, 'Sur quelques propriétés des systemes de lentilles photographiques'. (Arch. Néerland. d. Sc. Série II, Tome VI. 1901.)

Der Verfasser bespricht nach einer kurzen Einleitung die Bildhelligkeit und zeigt, dass diese sich mit der Objektentfernung ändert und zwar bei verschiedenen Typen in verschiedener Weise. Des weiteren erörtert er die Vorteile der Teleobjektive (starke Vergrösserung, geringer Bildabstand, geringe perspektivische Verzerrung). Hieran schliesst sich eine Bestimmung optischer

Konstanten (der Öffnung, des Bild- oder Umspannungswinkels und des Objektwinkels oder Gesichtsfeldes). Ferner wird die Orthoskopie der symmetrischen und hemisymmetrischen Systeme besprochen und bewiesen. Endlich werden die hyperchromatischen Linsen behandelt, welche aus zwei Komponenten von gleichem Hauptbrechungsindex und verschiedenem Zerstreuungsvermögen bestehen und gezeigt, dass man hierdurch entweder achromatische Kombinationen oder solche von übermässig grossem Gesamtzerstreuungsvermögen erhalten kann.

K. Strehl.

(Eingegangen 8. Februar 1902.)

Edwin Bidwell Wilson, ‚Vector Analysis'. New York und London 1901, 436 Seiten.

J. Williard Gibbs, der durch seine thermochemischen Forschungen berühmte Theoretiker, gab vor 20 Jahren eine kleine Schrift „Elements of vector analysis" heraus; dieselbe wurde nur in einem engeren Kreise verbreitet, im Buchhandel ist sie nicht erschienen. Aber auch derjenige, der jene Schrift kennen lernte, mochte bei der Originalität der Gibbsschen Ideen eine ausführlichere Darstellung seines Systemes der Vektoranalysis für erwünscht halten. Es ist mit Freude zu begrüssen, dass Herr E. B. Wilson jetzt, bei Gelegenheit des 200jährigen Jubiläums der Yale-Universität, eine solche Darstellung giebt. Wenngleich der Verfasser sich an Vorlesungen von Gibbs anlehnen konnte, so ist er doch in der Ausarbeitung durchaus selbständig gewesen; er hat sich bemüht, durch zahlreiche, der Geometrie, Mechanik und Physik entnommene Beispiele die Bedeutung der Vektormethoden zu erläutern.

Das Buch zerfällt in sechs Kapitel. Die ersten beiden behandeln Addition, Subtraktion, innere (skalare) und äussere (vektorielle) Multiplikation der Vektoren. Das dritte und vierte Kapitel überschreibt der Verfasser „Differential-" und „Integral-Rechnung" der Vektoren. Hier gelangt die Theorie der Vektorfelder zur Diskussion, für die bekanntlich der Hamiltonsche Operator

$$\Delta = i\frac{\partial}{\partial x} + j\frac{\partial}{\partial y} + k\frac{\partial}{\partial z}$$

von fundamentaler Bedeutung ist. Wie der Verfasser uns erzählt, hat man für dieses umgekehrte Delta den Namen „Atled" vorgeschlagen (Delta von hinten nach vorn gelesen). Er selbst sagt kurzweg „del". Wendet man das „del" auf einen Skalar an, so ergiebt sich der negativ genommene „Gradient" des Skalarfeldes; mit Vektoren nach Art des skalaren Produktes kombiniert, ergiebt sich ein Skalar, die „Divergenz", nach Art des vektoriellen Produkts kombiniert, ein Vektor, den man „curl" oder „Rotation" des ursprünglichen Vektors nennt. In der Gibbsschen Symbolik werden diese verschiedenen Anwendungen des „del" als ∇, $\nabla\cdot$, $\nabla\times$ unterschieden. Man erreicht offenbar die grösste Kürze, wenn man diese Symbole verwendet. Allein es entsteht die Gefahr, dass der Leser durch den Anblick aller dieser auf den Kopf gestellter Deltas kopfscheu gemacht wird. Der Referent hat daher in der Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften (Bd. IV, S. 14) das Symbol ∇ nur in der erstgenannten Bedeutung gebraucht und für die letzten beiden Symbole „div" bezw. „curl" geschrieben. Diese Schreibweise wird auch in dem vorliegenden Werke, neben der Gibbsschen, verwandt. Neuerdings scheint man dazu zu neigen, an Stelle von $-\nabla$ in der ersten Bedeutung „grad" zu schreiben, was vielleicht manches für sich hat.

Die beiden letzten Kapitel beschäftigen sich mit der Theorie der linearen Vektorfunktionen und der eng mit diesen verknüpften Theorie der Deformation kontinuierlicher Körper. Hier kommen bekanntlich sog. „Tensoren" zur Verwendung, Grössen, deren Komponenten sich auf wechselnde Koordinatensysteme wie Quadrate und Produkte von Vektorkomponenten transformieren. Gibbs hat eigentümliche symbolische Methoden des Rechnens mit diesen Grössen ersonnen, Methoden, die mit Quadraten und Produkten der i, j, k operieren. Die eingehendere Durcharbeitung dieser Ideen, ihre Ausdehnung auf geometrische Grössen dritter, vierter und höherer Ordnung mag in der Hand geschickter Geometer noch wichtige Ergebnisse zeitigen.

Wir wünschen dem neuen Werke viele Leser; mag es dazu beitragen, der Vektoranalysis neue Freunde zu gewinnen.

M. Abraham.

(Eingegangen 8. Januar 1902.)

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1899. Bd. I. Physik der Materie, redigiert von Rich. Boernstein u. K. Scheel. LXXVII u. 693 S. M. 26.—. — Bd. II. Physik des Äthers, redigiert von Rich. Boernstein u. K. Scheel. LII u. 935 S. M. 34.—. — Bd. III. Kosmische Physik, redigiert von R. Assmann. XLIII u. 544 S. M. 20.—. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1901.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1900. Bd. I. Physik der Materie, redigiert von K. Scheel. XXXV u. 357 S. M. 15.—. — Bd. II. Physik des Äthers, redigiert von K. Scheel. LII u. 794 S. M. 27.—. — Bd. III. Kosmische Physik, redigiert von R. Assmann. XLVIII u. 472 S. M. 18.—. Ebenda.

Was für eine weitverzweigte Verwaltung die Registratur, das ist für eine Wissenschaft die Einrichtung des Jahrbuches, in dem die gesamte Litteratur des betreffenden Jahres in wohlgeordneten und durch systematische Sach- und Autorenverzeichnisse leicht zugänglichen Referaten zusammengestellt wird.

Von der Zuverlässigkeit und Schnelligkeit dieser wissenschaftlichen Registratur hängt der Fortschritt und die Intensität der Forschungsarbeit in ganz hervorragender Weise ab, umsomehr, je gewaltiger die Masse der Litteratur anwächst, an deren Bewältigung ohne solche Hilfsmittel der Einzelne schon längst verzagen muss.

Die Erkenntnis von der Wichtigkeit einer solchen ordnenden und sichtenden Thätigkeit, die nur von einer opferwilligen Gemeinschaft vieler Mitarbeiter geleistet werden kann, war seinerzeit eines der wesentlichsten Motive zur Gründung der Berliner Physikalischen Gesellschaft. Und seit 1845 hat dieselbe das freiwillig übernommene Amt mit ihren Fortschritten der Physik zum Segen der Physik verwaltet.

Das Streben nach Vollständigkeit und die Grösse der gestellten, fast nur auf die selbstlose Hingabe der Mitarbeiter angewiesenen Aufgabe, bewirkte, dass allmählich zwischen dem Berichtsjahr und dem Ausgabejahr eine beträchtliche Phasenverschiebung eintrat, die in unserer schnellarbeitenden Zeit den Wert des Werkes in mancher Hinsicht illusorisch machte.

In der That entstand denn auch in den Beiblättern zu den Annalen der Physik ein Parallelunternehmen, welches seit 1876 mit allmonatlichen Heften den physikalischen Reporterdienst versieht.

So wertvoll heute jedem Physiker die Beiblätter sind, so machen sie und machten sie doch die Fortschritte nicht entfernt entbehrlich. Sie müssen stets einen ephemeren und provisorischen Charakter tragen, je schneller sie berichten. Denn mitten in dem Gewoge der litterarischen Erscheinungen lässt sich kein Ruhepunkt des Urteils gewinnen, ja es lässt sich bei der grösseren oder kleineren Zeit, die jede Zeitschrift braucht, um in die Hand des Referenten, und die wieder jedes Referat aus der Hand des einzelnen Mitarbeiters braucht, um zur Sammelstelle zu gelangen, nicht einmal auf eine chronologisch richtige Anordnung des Stoffes rechnen.

Anders mit dem Jahresbericht, der in Ruhe zusammengestellt wird, wenn das Jahr vorbei ist. Hier hat man schon die höhere kritische Warte. Man übersieht, welches die Hauptwellen waren, die gezogen kamen und die das mehr nebensächliche verwirrende Gekräusel längst aufgenommen haben. Kurz, es lässt sich ausser einer flüchtigen Einordnung in Fächer, wie sie die Beiblätter leisten, auch eine sorgfältige Ordnung innerhalb der Fächer selbst erzielen und eine gewisse Wertbezeichnung jedes Stückes vornehmen, entsprechend der Rolle, die es in der weiteren Entwicklung gespielt hat und voraussichtlich zu spielen berufen ist. Das leisteten die Fortschritte stets über die Beiblätter hinaus und das leisten mehr oder weniger auch die vorliegenden Bände. Ob sie es nicht noch weitgehender erreichen könnten und ob sie nicht gerade ihren Schwerpunkt auf diese Aufgabe legen sollten, sei zur Diskussion gestellt. Mir scheint das jedenfalls ein Ziel, welches mit Rücksicht auf die Beiblätter vielleicht wichtiger ist, wie das von dem energischen Vorstande und den geschickten Redakteuren jetzt erzielte Einbringen jener zeitlichen Verschiebung. Dass man in der That auch nach dieser Richtung hin zuarbeiten entschlossen ist, geht aus dem Vorworte zum Jahrgang 1900 hervor. Man hat an den Grenzgebieten energisch gekürzt und sich mehr auf das rein Physikalische beschränkt, obwohl darin m. E. im dritten Bande noch weiter hätte gegangen werden können. Ist erst die richtige Beschränkung gefunden, wird auch der kritischen Bewertung der Arbeiten durch den Grad ihrer Berücksichtigung vielleicht noch mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden können. Es wird das natürlich davon abhängen, wieweit man Mitarbeiter gewinnen kann, die ihr Gebiet thatsächlich beherrschen.

Vorerst darf dem Vorstande der deutschen physikalischen Gesellschaft und der Aufopferung der Redakteure und Mitarbeiter die Anerkennung für die Leistung nicht vorenthalten werden, die darin liegt, dass schon im November 1900 das Jahr 1899 und im Herbst 1901 das Jahr 1900 fertig vorlag. Auch der Verlagsbuchhandlung, der das Werk sicher keine Zinsen trägt, ist der Dank der physikalischen Wissenschaft gewiss. H. Th. Simon.

(Eingegangen 1. Dezember 1901).

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1902. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Halbmonatliches Litteraturverzeichnis, redigiert von Karl Scheel und Richard Assmann. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1902. Preis für den Jahrgang 4 M.

Die unter obigem Titel neu erscheinende Zeitschrift soll als eine Art Vorläufer zu den jährlich erscheinenden „Fortschritten der Physik“, ein halbmonatliches Litteraturverzeichniss nach Materien geordnet bieten. Ein derartiges Unternehmen ist bei dem enormen Umfang der heutigen Litteratur, der selbst das blosse Durchlesen eines ungeordneten Litteraturverzeichnisses schon zu einer zeitraubenden Arbeit macht, durchaus mit Freuden zu begrüssen.

Umsomehr ist es zu bedauern, wenn durch die Art der Ausführung der Zweck des Unter-

nehmens ernstlich in Frage gestellt wird. Zwei Umstände sind es, die hier störend wirken. Erstens die gänzlich antiquierte, der heutigen Systematik nicht mehr entsprechende Einteilung der Kapitel. Die Einteilung, die mit derjenigen der grossen „Fortschritte" übereinstimmt, ist seit Jahrzehnten niemals erneuert worden, sondern stets nur durch mehr oder weniger geschickte Einschachtelungen erweitert worden; die Folge davon ist es, dass gewisse zusammengehörige Erscheinungsgruppen in den „Fortschritten" gänzlich auseinandergerissen sind, während andererseits Dinge, die nichts miteinander zu thun haben, in einem Kapitel zusammenstehen. Einige Beispiele mögen dies erläutern: Man will sich über die Elektronentheorie informieren: hierhergehörige Arbeiten finden sich in Heft 1: 1. unter Optik § 14 (Phosphoreszenz und Fluoreszenz) wo man die Becquerelstrahlen recht unglücklich eingeschachtelt hat; 2. unter Wärme (!) § 22b (Sieden und Sublimieren, Kondensation) nämlich die Arbeit von W. Leume, Wirkung von Ionen auf den Dampfstrahl u. s. w.; 3. unter Elektrizitätslehre § 31 (Elektrische Maasse und Messungen), wo verschiedene Arbeiten über leitende Gase stehen, § 35 (Elektrisches Leuchten), § 36 (Magnetismus).

Ähnlich geht es mit den Arbeiten über die Temperaturstrahlung, die man je nach dem beobachteten Spektralbereich und je nach der Beobachtungsmethode (ob photometrisch oder bolometrisch), in § 12 (Spektrum), § 13 (Photometrie) oder aber in § 20 (Thermometrie) und § 24b (Wärmestrahlung) zu suchen hat.

Auch für die andere Folge der veralteten Einteilung, das Zusammenlegen gänzlich verschiedener Dinge in einen Paragraphen liessen sich viele krasse Beispiele anführen: Was haben z. B. die rein elektrochemischen Betrachtungen von G. C. Schmidt über die Färbung von Salzen durch Kathodenstrahlen mit „elektrischem Leuchten" (§ 35) zu thun, oder die Arbeit des Referenten über die scheinbare Masse der Elektronen mit „Phosphoreszenz und Fluoreszenz"?

All dieses würde schon genügen, um den Leser, wenn er nichts übersehen will, in die Notwendigkeit zu versetzen, doch immer das ganze Heft durchzulesen.

Noch schlimmer wird das Ganze aber dadurch, dass die Verteilung der Arbeiten in die einzelnen Paragraphen auf Grund der vorhandenen Einteilung nicht einmal konsequent durchgeführt ist; es scheint, als ob seitens der Redaktion im wesentlichen nach Stichworten gearbeitet wird. Das Wort „Elektromagnetismus" im Titel einer Arbeit scheint zu genügen, um die Einordnung in § 37 (Elektromagnetismus etc.) zu rechtfertigen; was hätte sonst die Arbeit von E. Cohn „Über die Gleichungen des elektromagnetischen Feldes für bewegte Körper" dort zu thun? Sie gehört ebenso wie die beiden andern in Heft 1 § 37 genannten Arbeiten nach § 25.

In Heft 4 findet sich gar eine Arbeit von O. W. Richardson „On the negative radiation from hot platinum". (Es handelt sich um Abgabe negativer Elektrizität!!) unter § 24b (Wärmestrahlung!!)

Zusammenfassend kann nur gesagt werden: Ein an und für sich nützliches Unternehmen, das jedoch nur dann gedeihen kann, wenn sich die Leitung desselben zu einer gründlichen Reform der unhaltbar gewordenen Einteilung entschliesst (es wäre das wohl eine dankbare Aufgabe für den wissenschaftlichen Ausschuss der Physikalischen Gesellschaft) und wenn andererseits die Redaktion mit etwas grösserer Sorgfalt gehandhabt würde. [Die letzten Hefte scheinen in dieser Hinsicht übrigens bereits einen gewissen Fortschritt aufzuweisen.]

W. Kaufmann.

(Eingegangen 25. März 1902.)

K. Zulkowski, Zur Erhärtungstheorie der hydraulischen Bindemittel. (Sonderabdruck aus „Die chemische Industrie".) 8⁰. 95 S. Berlin, R. Gärtners Verlag. 1901. M. 2.—.

Das Ziel des Verfassers war die Konstitution und Eigenschaften des Cementes aufzuklären, um dem Cementtechniker eine verlässliche wissenschaftliche Grundlage dieses Industriezweiges zu geben. Da die Abhandlung etwas aus dem Rahmen der Physikalischen Zeitschrift herausfällt, so kann sie nur kurz besprochen werden.

Um die Zusammensetzung des Cementes zu ermitteln, wurden die einzelnen Bestandteile, welche denselben zusammensetzen, unter grossen Schwierigkeiten einzeln dargestellt, genau untersucht und namentlich die Wassermengen bestimmt, welche diese Körper bei ihrer vollständigen Erhärtung binden. Der Verfasser stützt seine Analysen und Theorien in allen Fällen dadurch, dass er analoge Verbindungen herstellt, bei denen ein Element durch ein anderes, nicht im Cement enthaltenes ersetzt wird z. B. Calcium durch Baryum, Aluminium durch Eisen u. s. w. und nachweist, dass dieselben sich ebenso verhalten, wie die einzelnen Bestandteile des Cementes. Das Verfahren bestand darin, dass die einzelnen Bestandteile z. B. CaO und SiO_2 zusammengeschmolzen wurden; die mehr oder weniger gelungenen hydraulischen Produkte wurden fein pulverisiert, mit Wasser zu einer bildsamen Masse angerührt und daraus kleinere Ballen geformt, die mindestens 1 Monat in mit Wasser gefüllten und verschlossenen Pulver-

gläsern aufbewahrt wurden. Dabei wurde der Grad der Erwärmung, die Zeit der Bindung und endlich der erlangte Härtegrad beobachtet. Nach beendeter Erhärtung wurde die Menge des aufgenommenen Hydratwassers bestimmt, in vielen Fällen wurde auch der Gang des Hydratisierungsprozesses bestimmt.

Wenn z. B. Kieselsäure und Calciumoxyd im Verhältnis 1 : 2 zusammengeschmolzen werden, so entsteht das Dicalciummetasilikat $Si\,O_2 \cdot 2\,CaO$. Gleich nach seiner Darstellung zerrieselt es und zeigt keine hydraulischen Eigenschaften; wird es aber abgeschreckt, so resultiert eine kräftige hydraulische Verbindung. Dies erklärt sich daraus, dass zwei Modifikationen sich bilden, das inaktive Orthosilikat:

$$Si\left\{\begin{array}{l} O{>}Ca \\ O \\ O{>}Ca \end{array}\right.$$

und das aktive basische Metasilikat:

$$Si\,O{<}^{O\cdot Ca}_{O\cdot Ca}{>}O;$$

wird das letztere mit Wasser zusammengebracht, so findet folgende Reaktion statt:

$$Si\,O{<}^{O\cdot Ca\cdot OH}_{O\cdot Ca\cdot OH} = Si{<}^{O}_{O}{>}Ca + Ca\,O_2\,H_2.$$

Es entsteht also Monocalciummetasilikat, ein Körper, der ein bedeutendes Quellungsvermögen besitzt, welches durch Kalkwasser und die Lösungen von Ätzalkalien und Baryt noch gesteigert wird. „Die Erhärtung, welche das Pulver des Dicalciummetasilikates erfährt, ist somit darauf zurückzuführen, dass bei der Einwirkung des Wassers das Monocalciummetasilikat entsteht, welches im Wasser, besonders im Kalkwasser quillt und die Poren der feuchten und starr gewordenen Masse mit steigendem Drucke anfüllt. Es darf jedoch nicht übersehen werden, dass auch das entstehende Kalkhydrat viel zum Erhärten beiträgt. Es ist also der innere Druck, welcher die einzelnen Teilchen vereinigt, geradeso wie durch den äusseren Druck einer hydraulischen Presse feuchte pulverige Substanzen zu einem kompakten Ganzen vereinigt werden können. Eine derartige Quellung kann natürlich nur dann eine Erhärtung herbeiführen, wenn die quellende Masse an ihrer weiteren Volumzunahme gehindert wird. Wenn also die Quellung einer in Breiform befindlichen hydraulischen Substanz stattfindet, so dehnt der innere Druck sie nach allen Seiten auseinander und das Ganze zeigt wenig Zusammenhang."

Dies ist im wesentlichen die Theorie der Erhärtung des Verfassers. Mag man über dieselbe denken, wie man will — nach Ansicht des Referenten bedarf sie noch der Klärung —, jedenfalls kommt dem Verfasser das Verdienst zu, die einzelnen Bestandteile des Cementes genau untersucht und ihre Eigenschaften festgestellt zu haben, derart, dass wenn man einen Cement analysiert, man mit Hilfe der Formeln des Verfassers genau berechnen kann, wieviel Wasser derselbe bindet. Die so berechneten Zahlen stimmen sehr gut mit den beobachteten überein, so dass die chemischen Prozesse, welche die Erhärtung begleiten, jedenfalls aufgeklärt sind. G. C. Schmidt.

(Eingegangen 1. Februar 1902.)

J. Zacharias, Die Akkumulatoren zur Aufspeicherung des elektrischen Stromes, deren Anfertigung, Verwendung und Betrieb. 2. vollständig umgearbeitete und beträchtlich vermehrte Auflage. gr. 8⁰. XII u. 724 Seiten mit 294 Illustrationen. Berlin, Hermann Costenoble. 1901. M. 22.—.

Beginnend mit einer geschichtlichen Übersicht über die vor 1881 gemachten Beobachtungen über Polarisations-Zellen, die im wesentlichen dem Werke von J. Sack entnommen ist, und einer Einleitung, welche die Verwendungsarten und Grundbedingungen des Akkumulators hervorhebt, ordnet der Verfasser seinen Stoff in vier grössere Abschnitte:

a) Konstruktion der Akkumulatoren,
b) Materialkunde und Chemie,
c) Herstellung der Akkumulatoren,
d) Bau von Batterien und Apparaten.

Besonders reichhaltig ist die im ersten Abschnitt gebrachte Zusammenstellung der älteren und neueren Plattenkonstruktionen mit ausführlichen Abbildungen nebst Angaben über Dimensionen und Leistungsfähigkeit derselben. Ferner ist in diesem Abschnitt dem Einbau der Platten und den verschiedenartigen Konstruktionen der Zellen ein längeres Kapitel mit zahlreichen, den Text wirksam ergänzenden Abbildungen gewidmet. In gleicher Weise befriedigt durch seine Reichhaltigkeit der mit „Herstellung" überschriebene dritte Abschnitt. Derselbe bringt allgemeine Angaben über Fabrik- und Laboratoriumseinrichtungen, über Formen, Giess- und Schmiermaschinen, über das Formieren der einzelnen Plattentypen, endlich eine besonders für den Techniker wertvolle Übersicht über die bei der Aufstellung von Batterien zu verrichtenden Arbeiten, wie Isolieren der Gefässe, Löten mit Wasserstoffapparat u. a. Der gleiche Abschnitt enthält ferner in einem Kapitel, „Untersuchung der Zellen" überschrieben, eine Zusammenstellung von Untersuchungen älterer Forscher über einige Sekundärerscheinungen beim Elektrolysieren von Schwefelsäure, und behandelt im vorletzten Kapitel ausführlich die mit dem Nutzeffekt des Akkumulators zusammenhängenden Fragen, während das letzte Kapitel Fingerzeige über die Aufstellung von Preislisten und Daten über die Fabrikationskosten einiger Typen bringt.

Findet sich schon im dritten Abschnitt manches, was unter die allgemeine Überschrift nicht passt und übersichtlicher gesondert behandelt worden wäre, so ist dies im vierten Abschnitt über „Bau von Batterien und Apparaten" noch mehr der Fall. Neben Schaltungen, Schaltapparaten, Einrichtung von Akkumulatorenräumen behandelt derselbe in einem „Die Verwendung der Akkumulatoren" überschriebenen Kapitel das Zusammenarbeiten von Lademaschine und Motor mit Batterie, ferner die an Akkumulatoren in verschiedenen Betriebsarten gemachten Erfahrungen an Hand von der Praxis entnommenen Beispielen, die jedoch mit wenigen Ausnahmen der Zeit vor 1892 entstammen und daher kaum mehr geeignet sind, über den heutigen Stand der Akkumulatorentechnik ein richtiges Bild zu geben.

Was der Verfasser im Vorwort verspricht: „hauptsächlich der konstruktiven Anordnung und Ausbildung der einzelnen Teile den grössten Raum zu geben, während rein theoretische Erörterungen möglichst eingeschränkt werden sollen," hält das Werk. Fast alle in das Gebiet der Akkumulatoren schlagenden technischen Fragen werden, wenn auch meistens in wenig übersichtlicher Anordnung und ohne genügende Berücksichtigung der letzten Jahre, gestreift, während die theoretischen Kapitel eine etwas stiefmütterliche Behandlung deutlich erkennen lassen. So wirken die im zweiten Abschnitt „Materialkunde und Chemie" ohne eigene Kritik von seiten des Verfassers gegebenen Theorien über die Chemie des Akkumulators eher verwirrend als aufklärend; insbesondere sind die ebendaselbst gebrachten physikalischen Grundbegriffe mit grosser Vorsicht zu studieren, indem sie nicht nur mehrere störende Druckfehler, sondern direkte Unrichtigkeiten enthalten. C. Déguisne.

(Eingegangen 27. Februar 1902.)

R. Etzold, Zeitbestimmung mittels des Passage-Instruments. gr. 8⁰. 95 S. mit 37 Figuren. Leipzig, W. Diebener. 1901. M. 2.—.

Das vorliegende kleine Werkchen wendet sich nicht an Astronomen vom Fach, sondern an alle diejenigen, welche für gewerbliche Zwecke oder aus Liebe zur Sternenkunde genaue Zeitangaben zu haben wünschen. Besonders ist daher in sehr elementarer Weise das Problem der Zeitbestimmung mit kleinen Durchgangsinstrumenten namentlich solcher, wie sie die auf diesem Gebiet sehr rühmlichst bekannte Firma G. Heyde in Dresden herstellt, behandelt. Zahlreiche Diagramme und Abbildungen solch kleiner Instrumente erläutern den Text in zweckmässiger Weise. Dass es in einer solchen, von einem Laien verfassten Anleitung nicht überall ohne kleine Ungenauigkeiten abgeht, soll dem Werkchen aber durchaus nicht zum Vorwurf gemacht werden. An verschiedenen Stellen sind Angaben über Preis u. s. w. der speziellen Heyde'schen Instrumente eingeflochten.

L. Ambronn.

(Eingegangen 16. März 1902.)

F. Giesel, Über radioaktive Substanzen und deren Strahlen. gr. 8⁰. 28 S. Mit 4 Abbildungen. (Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge VII, I.) Stuttgart, Ferdinand Enke. 1902. M. 1,20.

Mit historischen Betrachtungen über die Entdeckung dieser Strahlen beginnend, bespricht der Verfasser kurz die verschiedenen Nachweis- und Messmethoden derselben. Eingehender wird sodann die Radioaktivität des Uran, Thor und deren Mineralien behandelt, sowie der aus Pechblende gewonnenen Substanzen: einiger Gase, Polonium, Radium, Aktinium, einiger noch nicht mit Sicherheit erkannter Stoffe und des Radiobleis. Weiterhin spricht der Verfasser über die Schwierigkeit der Darstellung dieser Stoffe und über die Spektraluntersuchungen, die als neues Element unter den radioaktiven Körpern nur das Radium ergeben haben. In den nächsten Kapiteln werden die Eigenschaften der Strahlen behandelt: ihre Phosphorescenzwirkung, ihre chemischen, physiologischen und physikalischen Wirkungen, der Einfluss der Temperatur, die Einwirkung des magnetischen Feldes (durch einige Abbildungen erläutert), des elektrischen Feldes und die von P. und M. Curie nachgewiesene elektrische Ladung der einen Strahlenart. Das letzte Kapitel bespricht noch ausführlich die induzierte Radioaktivität, ein Ausdruck, der vom Verfasser in „eingeführte" Radioaktivität verdeutscht ist. Die besondere Eigenschaft der Luft als Träger der Induktion wird eingehend erörtert. Die Arbeit schliesst mit einer Betrachtung über die Natur der Becquerelstrahlen, deren Energiequelle uns vorläufig noch ein ungelöstes Rätsel ist.

Was die Litteraturangaben betrifft, so dürften dieselben nicht in allen Punkten vollständig sein. In dem Kapitel über chemische Wirkung der radioaktiven Substanzen wird z. B. über Färbungen von Steinsalz, Bromkalium, Flussspat u. s. w. durch Radium- und Kathodenstrahlen gesprochen, ohne dass die einschlägigen wichtigen Arbeiten von E. Wiedemann und G. C. Schmidt erwähnt werden. M. Reich.

(Eingegangen 8. März 1902.)

G.-A. Hemsalech, Recherches expérimentales sur les spectres d'étincelles. XVI und 138 S. Paris, Librairie scientifique A. Hermann, 1901.

In einer Reihe von Arbeiten, die der Verfasser teils allein, teils in Gemeinschaft mit

Schuster veröffentlichte, wurden Versuche und Methoden beschrieben, die in die verwickelten Verhältnisse im elektrischen Funken eine Einsicht gewähren sollten, und in die Abhängigkeit des vom Funken gelieferten Spektrums von den Vorgängen in demselben.

Speziell bearbeitete Verfasser wohl als Hauptfrage, die Änderung der relativen Intensitäten der Spektrallinien, wie sie durch Einschalten verschiedener Selbstinduktionen in den Kreis der Funkenstrecke bewirkt wird. Auf Grund dieser Untersuchungen gelang es dem Verfasser, die Linien in drei Gruppen mit charakteristischen Eigenschaften zu teilen; Linien, die mit Vermehrung der Selbstinduktion rapid an Intensität verlieren, solche, die kontinuierlich, aber langsam schwächer werden, und solche, die zuerst schwächer werden, ein Minimum erreichen, dann wieder bis zu einem Maximum stärker werden, um dann von neuem abzublassen.

Diese mannigfachen, zum grössten Teile in den letzten Bänden der Comptes rendus und des Journal de physique veröffentlichten Arbeiten sind im vorliegenden Buche zusammengestellt; die Versuchsanordnungen werden eingehender beschrieben und ein detailliertes Zahlenmaterial gegeben. Bei den Versuchen über den Funken selbst sind diejenigen von Feddersen und J. J. Thomson in den Text mit eingefügt.

Ein weiterer Teil des Buches enthält die Funkenspektren von 14 Metallen nach eigenen Messungen des Verfassers, denen die Zahlen anderer Forscher über die jeweilig gleichen Gegenstände gegenüber gestellt sind, mit Angabe der Intensitäten im Bogen, gewöhnlichen und oszillierenden Funken, ferner das Luftlinienspektrum, wie es sich bei den Aufnahmen mit den verschiedenen, die Funkenstrecke bildenden Metallen mitphotographiert und das Stickstoffbandenspektrum des negativen Poles.

C. Fritsch.

(Eingegangen am 24. Februar 1902.)

E. Vogel, Taschenbuch der praktischen Photographie. 8. und 9. Auflage. 12°. VI u. 319 Seiten mit vielen Abbildungen u. 7 Tafeln. Berlin, Gustav Schmidt. 1901. M. 2.50.

E. Vogels Taschenbuch der Photographie hat sich durch seine früheren seit 1891 erschienenen Auflagen einen solch grossen Kreis von Freunden erworben, dass es einer besonderen Empfehlung der neuen Bearbeitung kaum bedarf. Die Anordnung des Stoffes ist, wie früher, durchaus übersichtlich, die Darstellung klar und durch instruktive Abbildungen unterstützt.

Leider ist der Verfasser vor einigen Monaten seinem Vater H. W. Vogel allzufrüh im Tode nachgefolgt; möge das vorliegende Werkchen dem verdienstvollen Forscher, dem Erfinder der Celluloid-Films, bei allen Freunden der Photographie ein dauerndes Andenken sichern!

Karl Schaum.

(Eingegangen am 16. Februar 1902.)

Tagesereignisse.

Wie seit längerer Zeit in Göttingen, sollen auch an der Berliner Universität in diesem Sommersemester zum ersten Male Vorlesungen über Maschinenkunde für Chemiker abgehalten werden. Mit dieser Aufgabe ist vom preussischen Kultusministerium Regierungsrat v. Ihering betraut worden. Die Vorlesungen sollen vier Hauptabschnitte behandeln. Besonders wird darauf Wert gelegt, dass in grossen Zügen ein Überblick über die wichtigsten Typen des Maschinenwesens geboten werden soll. Im ersten Abschnitte der Vorlesungen sollen die Kraftmaschinen behandelt werden. Der zweite Abschnitt ist den Arbeitsmaschinen im allgemeinen gewidmet. Hier sollen die Maschinen zur Herbeischaffung der Materialien und die Einrichtungen zur Formveränderung besprochen werden. Dann sollen die Misch- und Trennvorrichtungen sowie die Mittel zur Kälte- und Wärmelieferung erörtert werden. Zum Schlusse werden mustergültige Anlagen geschildert und in Exkursionen besichtigt.

Die Jahresversammlung der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft findet am 9. und 10. Mai in Würzburg statt.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Die Professur für Maschinenbau an der Technischen Hochschule zu Aachen ist dem Regierungsbaumeister Obergethmann, die Professur für Hüttenkunde an der Bergakademie zu Freiberg dem diplom. Hütteningenieur Schiffner übertragen worden.

An der Universität Graz wurde Ferdinand Heinrich als Privatdozent für Chemie, an der Technischen Hochschule zu München Martin Kutta als Privatdozent für angewandte und reine Mathematik zugelassen.

Der Professor der Chemie an der Universität St. Petersburg Menschutkin ist in den Ruhestand getreten; der Professor der Mathematik an der Universität Leiden van Geer wird mit Ende des Semesters die Professur niederlegen.

Am 19. April starb der Professor der Chemie und Vorsteher des Chemischen Instituts an der Universität Tübingen, Freiherr von Pechmann, am 12. April in Paris der Professor der Physik an der École polytechnique, Alfred Cornu.

Die Staatsminister von Weimar, Meiningen, Altenburg und Gotha haben dem Prof. Abbe ihren Dank für die reiche Zuwendung der Karl-Zeiss-Stiftung an die Universität ausgesprochen und ihm dabei die folgende, durch ihren Inhalt aussergewöhnliche und charakteristische Adresse überreicht: „Dem genialen Förderer der Wissenschaften, dem opferfreudigen Gründer der Karl-Zeiss-Stiftung, dem wahren Freunde der Universität Jena, Herrn Prof. Dr. Abbe in Jena, sprechen für seine hochgesinnte Mitwirkung bei Neugestaltung der akademischen Besoldungsverhältnisse die grossherzoglich und herzoglich sächsischen Staatsministerien hierdurch Dank und Anerkennung aus."

Den Zwölftausend Mark-Preis der Hamburger Otto Vahlbruch-Stiftung hat in diesem Jahre Prof. Dr. Ludwig Boltzmann in Leipzig für seine Theorie der Gase erhalten.

Die Gesellschaft der Wissenschaften in Christiania wählte zu auswärtigen Mitgliedern: Prof. van't Hoff in Berlin, Prof. Abegg in Breslau, Prof. Haun in Wien.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 16. 15. Mai 1902. Redaktionsschluss für No. 17 am 21. Mai 1902. 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die schiffbautechnische Versuchsabteilung des Norddeutschen Lloyd in Bremerhaven.

Von Joh. Schütte.

Vieles ist bereits über die Versuchsstation des Norddeutschen Lloyd in Bremerhaven geschrieben worden, noch mehr geredet. Da nun manches von dem, was geschrieben und geredet wurde, nicht ganz mit den Thatsachen in Einklang zu bringen ist, so mag man mir gestatten, in kurzen Zügen eine Beschreibung der Station und der Vorgänge, die sich in ihr abspielen, zu liefern.

Die Theorien, welche sich mit dem Schiffswiderstande befassen, sind sehr mannigfaltig, ebenso mannigfaltig sind die Resultate, welche sie liefern. Eins haben sie gemein, sie stimmen alle, sobald nur der passende Koeffizient gewählt ist, mit dem ihr Ergebnis multipliziert werden muss, um brauchbar zu werden.

Zweifellos ist die Froudesche Schiffswiderstandstheorie die beste dieser Theorien, da sie der Wahrheit am nächsten kommt. Ein Nachteil ist der kostspielige Apparat, mit dem sie arbeitet, ein Apparat, der nicht jedem zur Verfügung steht, nämlich eine Versuchsstation, in dem die Schiffe bez. ihre Modelle auf ihren Widerstand durch Versuche untersucht werden.

Die Versuche selbst sind sehr einfach. Nachdem den Funktionen entsprechend, die das projektierte Schiff erfüllen soll, die Wasserverdrängung des Schiffskörpers bestimmt ist, werden für dieses Deplacement mehrere Schiffe entworfen. Nach den gezeichneten Plänen schneidet eine sinnreich konstruierte Maschine Schiffsmodelle von 4—5 m Länge aus Paraffin, die den grossen Schiffen geometrisch absolut ähnliche Körper sind. Diese schwimmenden Körper werden durch ein Bassin mit Wasser gezogen. Den Widerstand gegen ihre Fortbewegung misst ein Kraftmesser oder Dynamometer, dessen Registriertrommel gleichzeitig Weg und Zeit aufzeichnet.

Wie man nun einem Gefässe, welches einen Liter fassen soll, unzählige Formen geben kann, ebenso sind für ein Schiff von z. B. 1000 cbm Wasserverdrängung unzählige Abmessungen der Länge, Breite und des Tiefganges möglich. Wenn nun auch durch die erforderliche Stabilität, durch die Untiefen der Küsten, Flüsse, Hafeneinfahrten und durch die Länge und Breite der Docks die Zahl der Abmessungen von Haus aus wesentlich beschränkt wird, so bleiben doch noch selbst unter Berücksichtigung des soeben Erwähnten zahlreiche Schiffsformen übrig, aus denen es schwer ist, die richtige Wahl zu treffen. Eine Versuchsstation allein giebt das sichere Mittel, um von diesen Formen diejenige zu finden, welche den gestellten Bedingungen am meisten gerecht wird.

Die Versuchsstation des Norddeutschen Lloyd, deren Äusseres durch das Bild No. 1 veranschaulicht wird, ist ein Fachwerkbau mit Holzverschalung von 170 m Länge. Sie besteht aus einer langen Halle von gleicher Länge und 8 m lichter Weite, die von einem 164 m langem Schleppbassin durchzogen ist, von 6 m Breite und 3,20 m Wassertiefe. An den Seiten dieses Bassins läuft ein sehr starkes Gleis entlang, auf dem der 6,25 m breite und 9,40 m lange Schleppwagen rollt. Neben dem Nordostende dieser Halle liegen die zur Herstellung der Modelle erforderlichen Räume: die Formerei, Giesserei, Modelltischlerei, die mechanische Werkstatt und der Raum für die Modellschneidemaschine. Ferner die Bureaux für die zum Betriebe erforderlichen Ingenieure und Zeichner. Die Gesamtkosten dieser Anlage von 3124 qm Grundfläche betragen eine Viertelmillion Mark.

Die Modelle werden aus Paraffin von 0,87 spezifischem Gewicht, das einen Schmelzpunkt von 58^0—63^0 C. hat, gegossen, nachdem sie in

Bild No. 1. Aussenansicht.

Bild No. 2. Formerei.

durchgesiebtem Thon geformt sind. Der Formkasten ist 6 m lang, 1 m breit und 0,90 m tief. Um das Paraffin nicht zu überhitzen, wird es im Wasserbade in einem von Wasserrohren durchzogenen kupfernen Kessel von 300 l Inhalt geschmolzen. Das Modell ist ein Hohlguss; der Kern wird aus Spantschablonen und etwa 5 mm dicken, 30 mm breiten Holzlatten angefertigt, die mit starkem Leinen überzogen sind, welches einen dreimaligen Thonanstrich erhält. (Vergl. das Bild No. 2, die Formerei.) Nachdem der Kern in die Thonform gesetzt ist (vergl. Figur 1), wird er mit

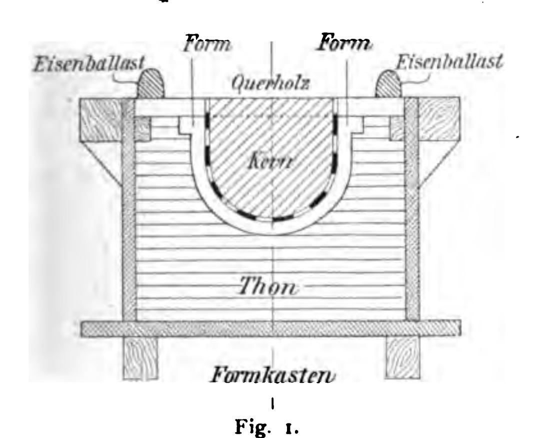


Fig. 1.

Eisenballast beschwert, um während des Giessens sein Auftreiben zu verhüten. Die Wandungen der Modelle sind in der Form 35—45 mm dick, etwa 10 mm stärker als die der für den Versuch fertigen Modelle. Die Zugabe von 10 mm ist für das Schneiden auf der Modellschneidemaschine (vergl. Bild No. 3) erforderlich. Diese Maschine besteht im wesentlichen aus einem das Modell tragenden Wagen, mit dem ein parallel geführter, mit Rollen versehener Zeichentisch verbunden ist, auf welchem die Wasserlinienzeichnung des Modelles gespannt ist, und aus zwei in Spindeln rotierenden Messern (Fig. 2), die horizontal und vertikal verschieb-

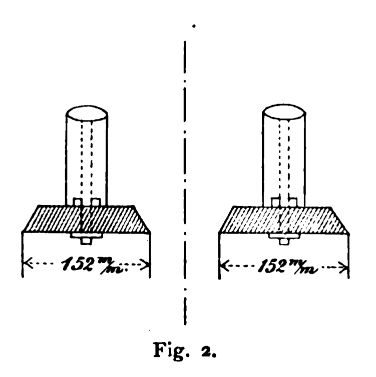


Fig. 2.

bar sind. Die Horizontalverschiebung, welche durch ein Handrad bewirkt wird, folgt den Wasserlinien mittels eines Pantographen oder Storchschnabels, so dass also die Wasserlinien direkt von der Zeichnung auf das Modell übertragen werden können. Wie erwähnt, ist die Bewegung des Zeichentisches zum Modellwagen eine zwangläufige, ihr Geschwindigkeitsverhältnis kann von 1 : 1 bis 48 : 160, entsprechend den Zahnrädern, durch die sie verbunden sind, verändert werden. Diese Geschwindigkeitsdifferenz hat folgenden Zweck. Wird z. B. für einen Schnelldampfer von 200 m Länge ein Modell im Massstab 1 : 40 ausgeführt, so beträgt die Modelllänge 5 m. Würden nun Modellwagen und Zeichentisch gleichschnell laufen, so müsste die Wasserlinienzeichnung für das Modell ebenfalls 5 m lang sein; die Herstellung dieser Zeichnung würde demzufolge erstens sehr schwierig und zweitens, infolge der Länge des Papiers, wenig genau sein. Sobald es aber möglich ist, den Modellwagen z. B. doppelt so schnell laufen zu lassen als den Zeichentisch, so braucht die Wasserlinienzeichnung nur 2,5 m lang zu sein, da ja dann das Modell in derselben Zeit 5 m fortbewegt wird, in der sich diese Zeichnung um nur 2,5 m parallel verschiebt. — Die Konstruktionszeichnungen der Wasserlinien für die Modellschneidemaschine sind somit in der Regel verzerrt, da der Massstab der Breite nicht mit dem der Länge identisch ist. Während nun bei einem gewöhnlichen Storchschnabel auf der einen Seite ein Punkt geführt wird und auf der anderen wiederum ein Punkt, der Zeichenstift, die verkleinerte oder vergrösserte Figur zeichnet, ist die Wiedergabe in dem vorliegenden Falle etwas anders, da die rotierenden Messer (Fig. 2) einen bestimmten Durchmesser haben müssen. Der geführte Punkt wird zur Ellipse, deren eine Hauptachse gleich dem Durchmesser der Messer ist, und deren andere gleich ist diesem Durchmesser multipliziert mit dem Verhältnis des Massstabes der Breite zu dem der Länge der Wasserlinienzeichnung.

Nachdem die Modellschneidemaschine ihre Schuldigkeit gethan, hat ein Querschnitt des

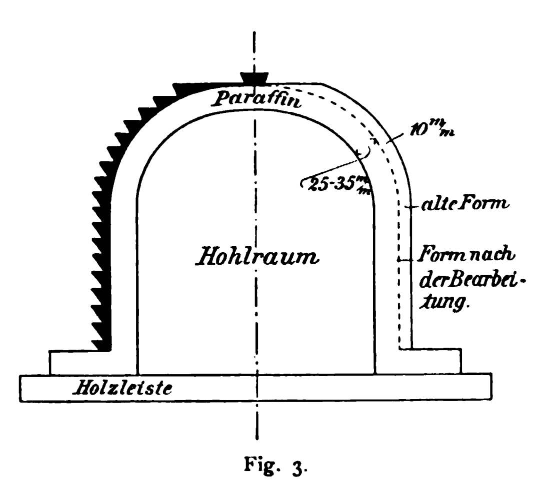


Fig. 3.

gefrästen Modelles folgendes Aussehen (Fig. 3). Die Paraffinreste, welche schwarz angedeutet sind, werden durch Hobel und Schraper mit der Hand entfernt. Die Kontrolle für die Richtigkeit des Modelles ist sehr einfach. Aus dem Konstruktionsplan des Schiffes ist ein gewisses

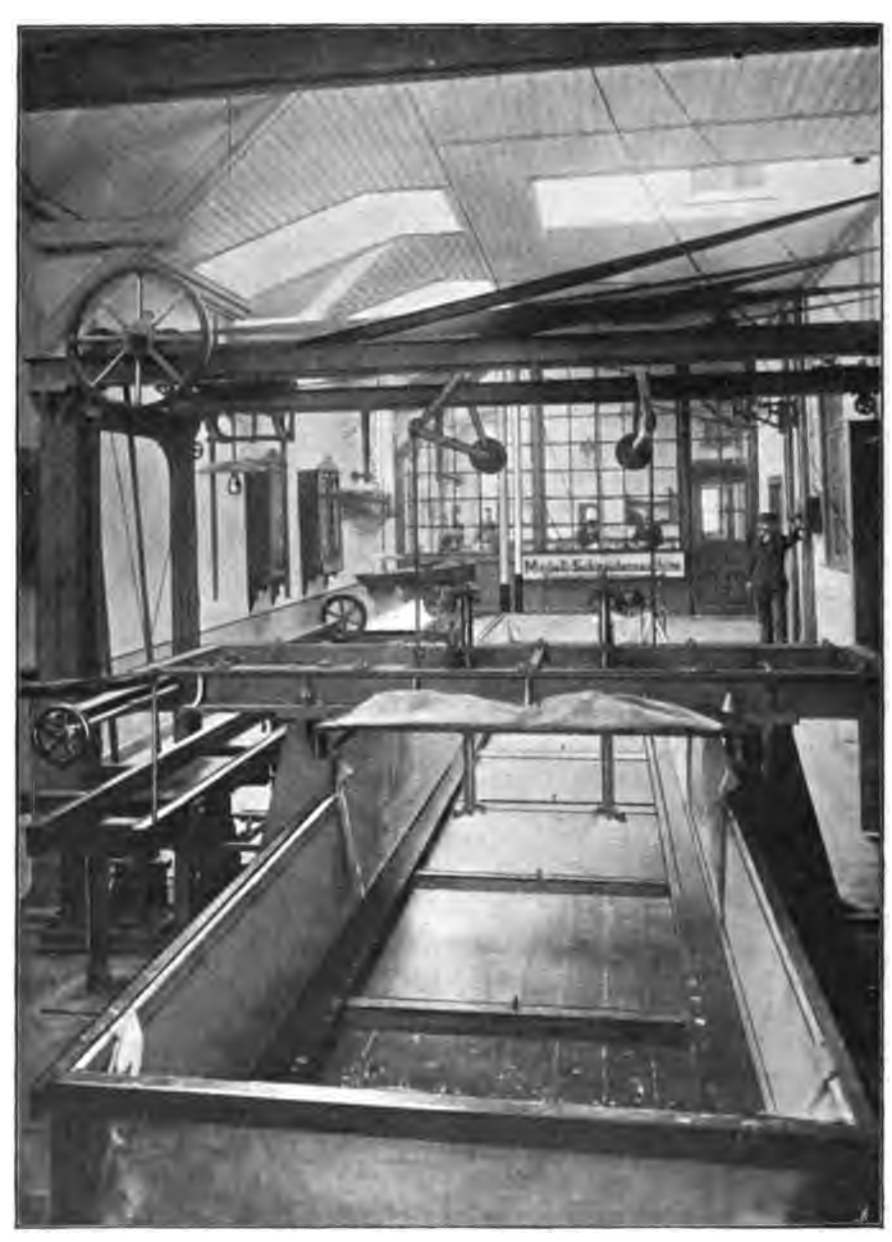


Bild No. 3. Modellschneidemaschine

Deplacement berechnet, z. B. 2700 cbm. Wenn nun das Modell im Massstab $^{1}/_{30}$ entworfen ist, so muss das für den Versuch fertige Modell, Bild No. 6, also das Modell in der richtigen Schwimmlage $2700 : 30^3 = 0{,}1$ t, oder 100 kg wiegen, wenn das spezifische Gewicht des Schleppbassinwassers gleich 1 ist. Der vorgeschriebene Tiefgang wird mittels Ballastsäckchen von bekanntem Gewicht, leinene Säckchen mit Schrot gefüllt, herbeigeführt. Um den Widerstand des Modelles im Wasser für eine Reihe von Geschwindigkeiten zu messen, führt man dasselbe unter den Schleppwagen, Bild No. 4, der sowohl die Messinstrumente für den Schiffsmodellwiderstand als auch die für die Modellschrauben Schub- und Drehkräfte trägt. Bild No. 5. Dieser Wagen wird durch zwei Gleichstrom-Nebenschlussmotore angetrieben, die ihren Strom einer Akkumulatorenbatterie von 120 Volt mittlerer Spannung und einer Kapazität von 500 Ampèrestunden entnehmen. Durch Schaltung

der Akkumulatoren, der Widerstände und durch Parallel- und Hintereinanderschaltung der Motore sind 430 untereinander verschiedene, sonst konstante Geschwindigkeiten von 0,45 m bis 4,75 m per Sekunde in Stufen von 0,01 m möglich. Infolge des bei der Berechnung der Schiffswiderstände aus den Modellwiderständen angewandten, von Newton gefundenen mechanischen Ähnlichkeitsgesetzes müssen die Modelle mit korrespondierenden Geschwindigkeiten geschleppt werden, Geschwindigkeiten, die mit der Quadratwurzel aus dem Massstab des Schiffes zum Modell multipliziert, die Schiffsgeschwindigkeiten ergeben. Wenn z. B. ermittelt werden soll, wieviel effektive Pferdestärken ein Torpedoboot bei 28 Seemeilen braucht, so muss sein Modell, wenn dieses im Massstab $^1/_{16}$ hergestellt ist, mit einer korrespondierenden Geschwindigkeit von

$$28 \cdot 0{,}5144 \sqrt{\frac{1}{16}} = 7 \cdot 0{,}5144 = 3{,}6008\,\mathrm{m}$$ [1])

geschleppt werden. Da es nun praktisch unmöglich ist, die Akkumulatoren und Widerstände derart zu regulieren, dass der Schleppwagen genau mit 3600,8 mm Geschwindigkeit läuft, da es ferner interessant ist zu wissen, wieviel Widerstand das Modell bei kleineren bez. grösseren Geschwindigkeiten hat, so beginnen die Schleppversuche für Torpedoboote mit etwa 1 m und werden bei 4,5 m beendet. Die Geschwindigkeitszunahme ist dabei eine willkürliche. Die geschleppten Geschwindigkeiten in Metern und die Widerstände in Kilogramm werden aus den Diagrammen Fig. 4 ermittelt und graphisch aufgetragen, indem die Geschwindigkeiten die Abszissen und die zugehörigen Widerstände die Ordinaten bilden. Die einzelnen Punkte werden untereinander durch eine Kurve verbunden. Diese Kurve giebt alsdann für jede gewünschte Geschwindigkeit den zugehörigen Widerstand. Vergl. Figur 5.

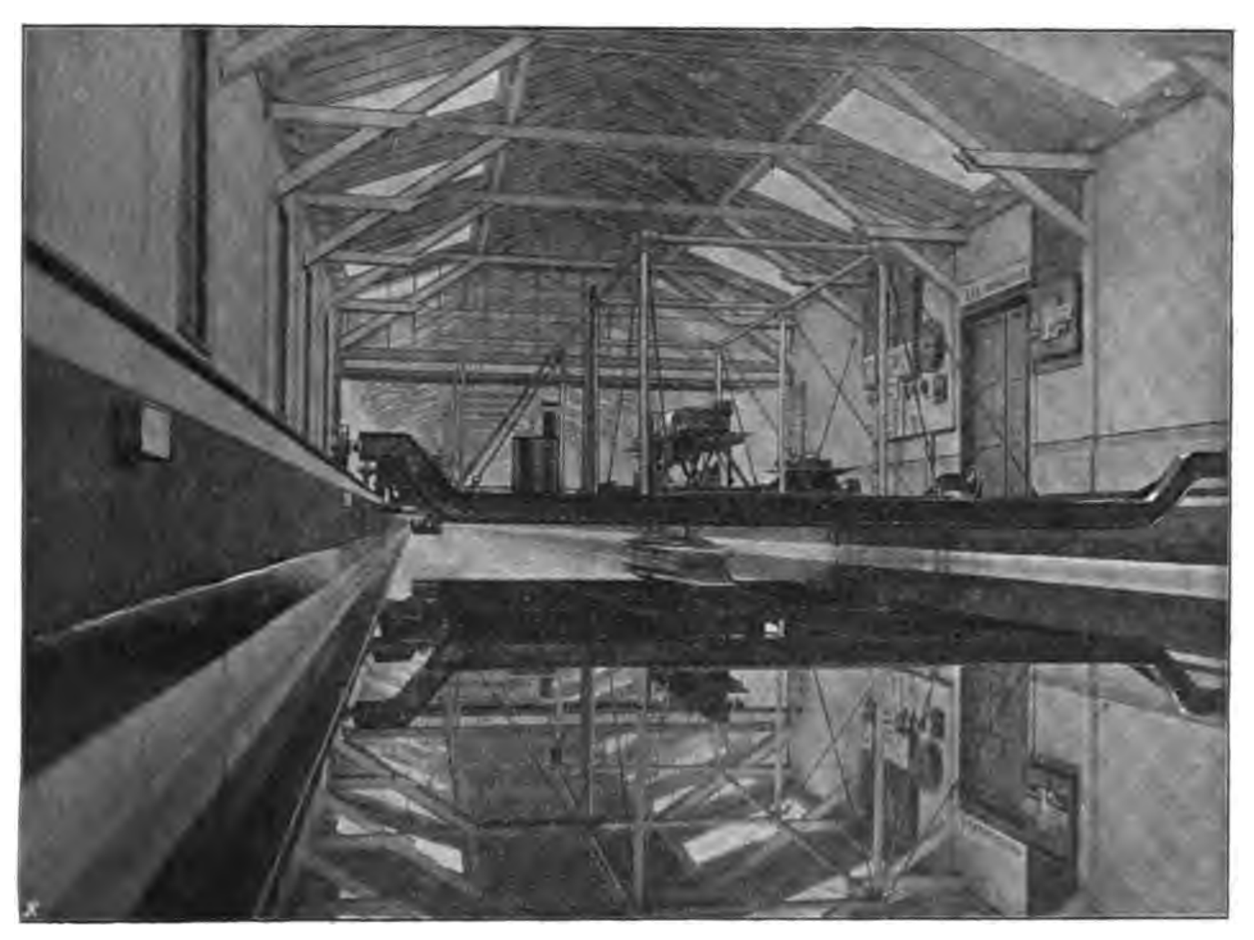


Bild No. 4.

Figur 6 ist eine schematische Darstellung des Dynamometers, welcher während der Fahrt die Widerstände misst.

Das Modell ist mit dem aus einem dreiseitigen Eisenrahmen *a*, *b*, *c* und einem sehr leichten Übersetzungsmechanismus aus Holz be-

1) 0,5144 ist die Umrechnungszahl von Knoten pro Stunde in Meter pro Sekunde.

Bild No. 5.

Bild No. 6. Modell fertig für den Versuch.

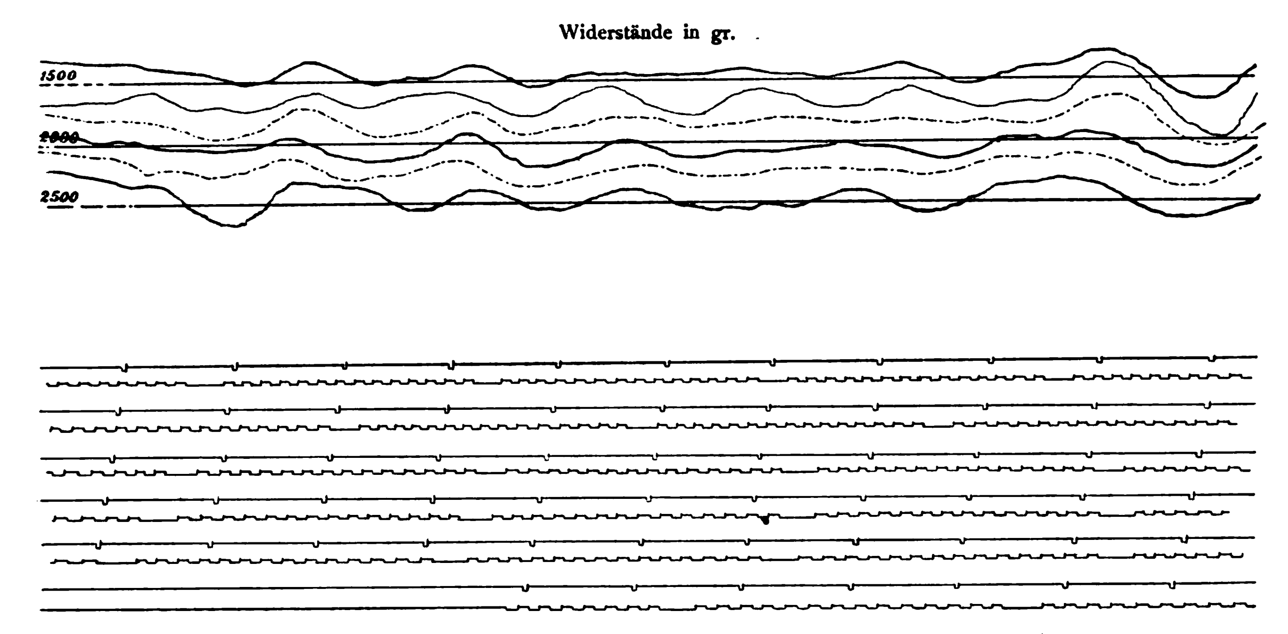


Fig. 4.

stehenden Dynamometer durch einen Schlepphaken verbunden. Zwischen dem Aufhängepunkte des Hakens und dem Modelle ist eine Feder zur Dämpfung der pendelnden Bewegung des Modelles während der Fahrt eingeschaltet. Die Arme a, b und c sind untereinander gleich.

Während der Fahrt wirkt der Widerstand des Modelles als Zug auf den Dynamometer, der sich um den Punkt O dreht und die Feder f spannt. Der Ausschlag wird durch das Übersetzungsverhältnis 1 : 10 des um O' drehenden Hebels verzehnfacht und durch einen Zeichenstift, der an dem einen Ende einer 1 m langen Stange aus Aluminium befestigt ist, auf die Registriertrommel übertragen, die gleichzeitig die Distanz in Abständen von 5 m und die Zeit in Viertelsekunden registriert. Wäre die Wagengeschwindigkeit absolut konstant und würden während der Fahrt nicht die geringsten Erschütterungen auftreten, so müsste die Kurve des Widerstandes (Fig. 4) eine gerade Linie sein. Sind mehrere Messfahrten gemacht, so wird die Kraft der Dynamometerfeder, deren Stärke der Grösse des Modelles und den Geschwindigkeiten entsprechend gewählt ist, durch das Gewicht p bestimmt, das also während der Messfahrten nicht vorhanden ist. Da nun $a = b = c$, so ist die Wirkung dieses Gewichtes dieselbe wie die des Modellwiderstandes, da beide, Gewicht und Modellwiderstand, tangential an dem Halbkreis um O wirken. Aus der unregelmässigen Kurve des Widerstandes wird der mittlere Widerstand durch Planimetrieren erhalten (Fig. 5).

Man kann sich den Widerstand eines im Wasser bewegten Schiffskörpers gegen die Fortbewegung aus einem Reibungswiderstand und einem wellen- und wirbelbildenden zusammengesetzt denken. Ersterer entsteht durch die Reibung

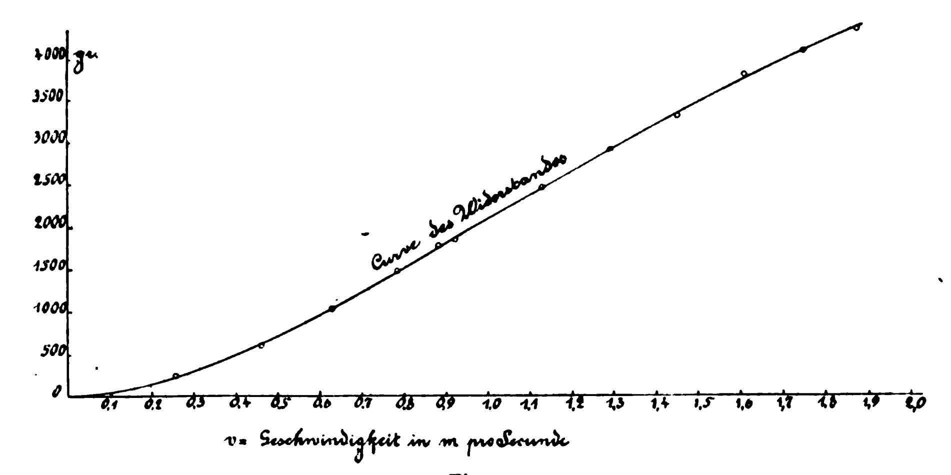


Fig. 5.

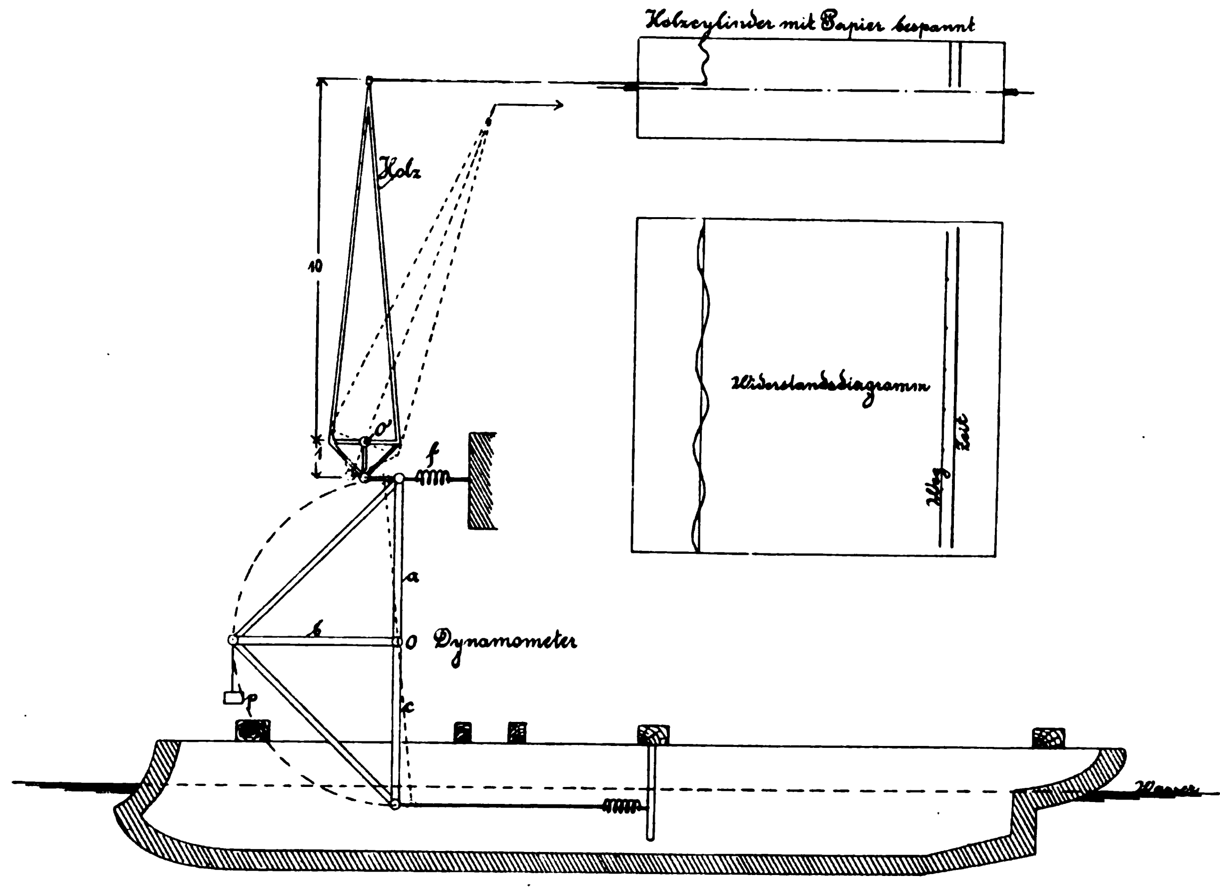


Fig. 6.

der benetzten Oberfläche des Schiffsrumpfes mit dem Wasser, letzterer durch die Wellenbildung am Vorschiff und die Wellen- und Wirbelbildung um das Hinterschiff.

Nach der Froudeschen Theorie wird der Reibungswiderstand empirisch ermittelt. Er hängt von der Grösse und der Art der benetzten Oberfläche, von der Dichtigkeit des Wassers und von der Geschwindigkeit mit der das Schiff oder sein Modell durch das Wasser bewegt wird, ab. Wenn W_r dieser Widerstand ist, so kann man sagen, dass $W_r = \gamma \cdot F \cdot V^n \cdot \lambda_s$ ist, wobei γ das spezifische Gewicht des Wassers, F die benetzte Oberfläche, V die Geschwindigkeit und λ den Reibungskoeffizienten für das Schiff bedeuten. Sind die Reibungskoeffizienten für die verschiedenen Arten der Oberflächen von Schiff und Modell bekannt, die sich ausser mit der Art auch noch mit den Längen der eingetauchten Flächen ändern, so lassen sich die Reibungswiderstände ohne weiteres rechnerisch ermitteln. Ist der Gesamtwiderstand des Modelles durch Schleppversuche gefunden, so ergiebt sich der rechnerisch nicht bestimmbare wellen- und wirbelbildende Widerstand durch Subtraktion des Reibungswiderstandes vom Totalwiderstande $w_w = w_t - w_r$. Das von Newton entdeckte mechanische Ähnlichkeitsgesetz, welches zuerst von dem bekannten englischen Schiffbauingenieur Sir W. Froude bei der Berechnung des Schiffswiderstandes angewendet wurde und daher auch von den Engländern „Froude's law" genannt wird, besagt: „wenn zwei geometrisch vollkommen ähnliche Schiffskörper sich mit korrespondierenden Geschwindigkeiten im Wasser bewegen, so verhalten sich die wellen- und wirbelbildenden Widerstände dieser Körper wie die dritten Potenzen ihrer linearen Abmessungen, oder wie ihre Deplacements."

Sobald der wellen- und wirbelbildende Widerstand des Modelles aus den Versuchen berechnet ist, braucht er nur mit α^3, der dritten Potenz des Massstabes des Schiffes zum Modell, multipliziert werden, um den entsprechenden Widerstand des Schiffes zu ergeben. Wird zu diesem Widerstand der Reibungswiderstand des Schiffes addiert, so ist der Gesamtwiderstand für das Schiff, der gesucht wurde, gefunden

$$W_t = (w_t - w_r)\cdot\alpha^3 + W_r\,,$$
$$W_r = \gamma \cdot F^{1,825}\, V \cdot \lambda_s\,.$$

Vereinfacht wird diese Rechnung durch Froudes Methode der Konstanten, die von mir ausführlich in dem zweiten Jahrbuch der schiffbau-technischen Gesellschaft 1901, unter

„Hinterschiffsformen" behandelt ist. Sie bietet den grossen Vorteil, dass wenn einmal das Modell eines Schiffstypes geschleppt ist, für sämtliche Schiffe dieses Typs ohne weitere Schleppversuche die Widerstände und effektiven Pferdestärken berechnet werden können. Ich behalte mir vor, die Mängel der Froudeschen Theorie später einmal zu beleuchten.

Bremerhaven, Schleppversuchsstation des Norddeutschen Lloyd, Jan. 1902.

(Eingegangen 11. Februar 1902.)



Stereoskope für grosse Bilder.

Von Hugo Krüss (Hamburg).

Die gewöhnlichen Stereoskope sind konstruiert für die Betrachtung von Bildern, welche entweder von zwei um die Augenweite voneinander entfernten Punkten aufgenommen bezw. konstruiert sind oder welche doch wenigstens in diese Entfernung voneinander zum Zwecke der stereoskopischen Betrachtung gebracht werden können. Bei ihnen sind also die korrespondierenden Punkte auf den beiden unmittelbar nebeneinander liegenden Bildern etwa um 7 cm voneinander entfernt, wobei es bekanntlich auf eine genaue Übereinstimmung dieser Entfernung mit der Augenweite des Beobachters nicht ankommt. Es ist also die Breite der in den gewöhnlichen Stereoskopapparaten zu benutzenden Bilder auf etwa 7 cm beschränkt.

Nun hat man bekanntlich in der Radiographie die Stereoskopie mit grossem Erfolge eingeführt. Eine einzelne Röntgenaufnahme ist, da sie die Projektion des Schattens der für Röntgenstrahlen undurchdringlichen Teile auf eine Ebene, nämlich diejenige der photographischen Platte, darstellt, nichts weiter als ein flaches Bild ohne Andeutung von Tiefendimensionen. Für die ärztliche Beurteilung der Lage eines Fremdkörpers oder einer Deformation in dem mittels Röntgenstrahlen untersuchten Körper ist aber gerade die Tiefenlage von erheblicher Bedeutung. Um über diese ein Urteil zu gewinnen, pflegt man vielfach zwei verschiedene Röntgenaufnahmen zu machen, bei welchen die Röntgenröhre in verschiedene Stellungen zu dem zu durchstrahlenden Körper gebracht wird, so dass auf den beiden so erzeugten Radiogrammen zwei um etwas verschiedene Schattenbilder entstehen. Betrachtet man das eine dieser beiden Bilder mit dem einen, das andere mit dem anderen Auge, so gewinnt man einen körperlichen Gesichtseindruck, in welchem eine Tiefenwahrnehmung, eine Beurteilung des Hintereinander der verschiedenen Teile möglich ist.

Sofern die Aufnahmen so klein sind, dass sie in einem gewöhnlichen Stereoskope Platz finden, genügt ein solches zur stereoskopischen Betrachtung vollkommen. Aber meistens sind die Röntgenaufnahmen bei weitem grösser; bei Aufnahmen des Beckens oder des Brustkorbes müssen photographische Platten bis zur Grösse 40×50 cm angewendet werden.

Zunächst hat man sich dadurch geholfen, dass man von den grossen Aufnahmen Verkleinerungen in der passenden Grösse darstellte. Abgesehen von der dadurch erwachsenden Arbeit kann die Verkleinerung nicht den Dienst leisten, wie die grössere Originalaufnahme, weil in der Verkleinerung alles mehr zusammengedrängt ist, wodurch eine Lokalisierung einzelner Teile erschwert wird. Es musste deshalb das Bedürfnis nach Stereoskopapparaten entstehen, mittels deren die grossen stereoskopischen Röntgenaufnahmen direkt stereoskopisch betrachtet werden können. Ich habe mich nun mit dieser Aufgabe beschäftigt auf Veranlassung des Herrn Dr. B. Walter vom hiesigen Physikalischen Staatslaboratorium.

Es giebt schon eine Anzahl von Konstruktionen von Stereoskopapparaten, welche die Betrachtung von Bildern gestatten, die um mehr als den Augenabstand voneinander entfernt sind.

Schon 1857 beschrieb J. Duboscq ein solches Stereoskop.[1]) Er setzte vor jedes Auge ein achromatisches Prisma mit der brechenden Kante gegen die Nase und davor noch je eine verschiebbare Linse, um ein deutliches Bild von mehr als die Sehweite entfernten Objekten zu erzielen. Jedes der achromatischen Prismen bestand aus zwei für sich achromatischen Prismen von je 12 Grad Ablenkung, so dass man vor jedem Auge entweder ein oder zwei Prismen benutzen konnte und zwar eins für eine geringere, zwei für eine grössere Konvergenz der Strahlen.

Bei dem ersten überhaupt konstruierten Stereoskope, demjenigen von Wheatstone, ist auch die Anwendung grösserer Bilder möglich. Hier sind zwei Spiegel unter je 45 Grad gegen den Horizont geneigt; in die nach oben gekehrten spiegelnden Flächen sieht der Beobachter von oben hinein und erblickt die beiden rechts und links aufgestellten Zeichnungen oder Bilder, welche sich zu einem gemeinsamen Gesichtseindruck vereinigen. Störend ist hier nur, dass die beiden Bilder sich nicht in derselben Ebene befinden, sondern rechts und links von dem Spiegelapparat aufgestellt werden müssen, so dass eine gleiche Beleuchtung beider schwierig ist.

Die verschiedenen Stereoskopapparate, welche die Besichtigung von Stereoskopaufnahmen er-

1) C. R. **44**, 148.

möglichen, die grösser sind als die Augenweite, zerfallen nun in zwei Gruppen. Die von der Mitte der beiden Stereoskopbilder in die Augen des Beobachters geleiteten Strahlen stehen entweder senkrecht auf den Bildern oder unter einem solchen Winkel, dass sie ungefähr auf die beiden Augen des Beobachters zielen; zu beiden Anordnungen können verschiedene optische Hilfsmittel benutzt werden.

Fig. 1 und 2 zeigen schematisch die beiden angeführten Fälle. In beiden Figuren sind A_1 und A_2 die Örter der beiden Augen des Beobachters, O_1 und O_2 die miteinander korrespondierenden Mitten der beiden Stereoskopbilder, während die punktierten Linien den Strahlengang veranschaulichen.

Abgesehen von der Verschiedenartigkeit der optischen Mittel, welche den skizzierten Strahlengang in den beiden Anordnungen zu bewirken im stande sind, bestehen zwischen beiden einige wesentliche, aus der Anordnung hervorgehende Unterschiede.

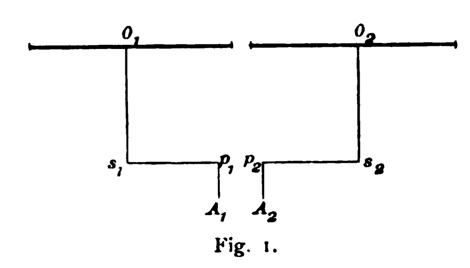


Fig. 1.

Bei der Figur 1 wird das ganze Stereoskopbild so gesehen, als wenn die Augen des Beobachters sich in der Verlängerung der Linien $O_1 s_1$ und $O_2 s_2$ befänden. Man sieht also senkrecht auf die Mitte des Objektes, die rechte und die linke Hälfte jedes der beiden Stereoskopbilder werden in gleichem Masse verkürzt, ein Umstand, der bei den gewöhnlichen kleinen Stereoskopbildern kaum in Betracht gezogen zu werden braucht, bei Objekten, wie die grössten Röntgenaufnahmen im Format 40×50 cm, also einen halben Meter Breite, aber wohl in Betracht kommen kann.

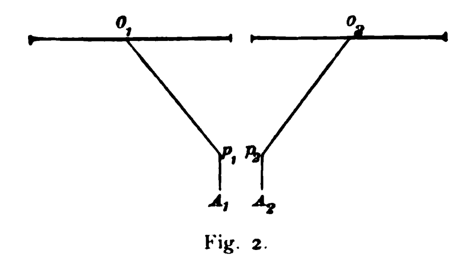


Fig. 2.

In der Anordnung der Figur 2 dagegen sind die Richtungen $p_1 O$ und $p_1 O_2$, unter welchen die Mitten der Stereoskopbilder gesehen werden, gegen die Objektfläche geneigt, die beiden äusseren Hälften der beiden Stereoskopbilder werden also gegen die inneren wesentlich verkürzt erscheinen, der Winkel, unter welchem sie gesehen werden, wird kleiner sein als derjenige, unter welchem die inneren Hälften erscheinen.

Diese Anordnung der Figur 2 gestattet aber im Gegensatze zu der Anordnung der Fig. 1 ohne weiteres, dass Stereoskopaufnahmen verschiedener Grösse in der entsprechenden Entfernung der beiden Stereoskopbilder voneinander betrachtet werden können, indem die beiden Bilder auch bei kleinem Format dicht nebeneinander gelegt oder gestellt werden können; da in diesem Falle ihre Mittelpunkte O_1 und O_2 auch eine kleinere Entfernung voneinander haben, werden sie nur dem Auge näher gebracht, um wieder dieselbe Konvergenz der Strahlen $O_1 p_1$ und $O_2 p_2$ herbeizuführen. Das entspricht auch der Art, wie man mit unbewaffnetem Auge Bilder verschiedenen Formates oder Objekte verschiedener Grösse zu betrachten pflegt. Will man die ganze Gestalt eines Menschen oder eine Statue mit einem Blicke überschauen, so muss man sich weiter davon entfernen und wenn man kurzsichtig ist, eine Brille dabei benutzen. Will man dagegen nur die Gesichtszüge oder gar nur den kleinen Finger betrachten, so tritt man näher heran.

Bei dem in Fig. 1 angedeuteten Strahlengange ist das nicht ohne weiteres möglich, da hier die Entfernung der Mittelpunkte O_1 und O_2 der beiden Bilder immer die gleiche, nämlich diejenige zwischen s_1 und s_2 bleiben muss, es sei denn, dass der Apparat so eingerichtet ist, dass die Entfernung $s_1 s_2$ verändert werden kann.

Es sind nun nach beiden Anwendungen bereits Stereoskopapparate konstruiert worden. Der Anordnung der Fig. 1 entspricht zunächst das Helmholtzsche Telestereoskop ohne Vergrösserung [1]), welches die Grundlage zu dem von ihm selbst beschriebenen [2]) Telestereoskop mit Vergrösserung und den modernen Prismendoppelfernrohren bildet. Helmholtz stellte bekanntlich an den Punkten p_1, p_2 und s_1, s_2 Planspiegel auf, welche die Strahlen so ablenken, wie in Fig. 1 angedeutet, einen derselben, etwa den bei s_2, machte er ein wenig um die vertikale Achse drehbar, um dadurch die genaue Parallelität der Strahlen $s_2 O_2$ und $s_1 O_1$ herstellen zu können. Helmholtz machte selbst darauf aufmerksam, dass man die äusseren Spiegel, also diejenigen bei s_1 und s_2, möglichst gross machen muss, um ein grosses Gesichtsfeld zu haben.

1) Physiologische Optik. 1. Auflage 1867, S. 648.
2) Ebenda, S. 681.

Aus letzterem Grunde ist der naheliegende Ersatz der Spiegel durch Prismen nicht zu empfehlen, wo es sich um sehr grosse Stereoskopbilder handelt, da hier die Prismen sehr gross werden müssten, was den Preis der Apparate ausserordentlich erhöhen würde, ohne einen entsprechenden Nutzen zu haben. Derartige Prismenstereoskope sind von C. F. Jenkins[1]) und Howard Grubb[2]) vorgeschlagen worden, sie gestatten aber nur die Betrachtung verhältnismässig kleiner Bilder, da sie ein kleines Gesichtsfeld haben. In dem Spezialstereoskop von L. Cazes[3]) dagegen sind wie bei Helmholtz Spiegel benutzt. Die beiden äusseren Spiegel bei s_1 und s_2 sind so gross, dass Stereoskopbilder bis zu einem Formate von 13×18 cm benutzt werden können. Ausserdem sind, um auch kleinere Bilder unter denselben Verhältnissen besichtigen zu können, die äusseren Spiegel auf einem Massstabe verschiebbar, so dass die Entfernung s_1 s_2 der beiden Spiegel und dadurch der Punkt O_1 und O_2 verringert werden kann.

Ich habe mich bei Herstellung eines derartigen Spiegelstereoskops einfach an die Helmholtzsche Form des Telestereoskops gehalten. Der Strahlengang ist in Figur 3 dargestellt und

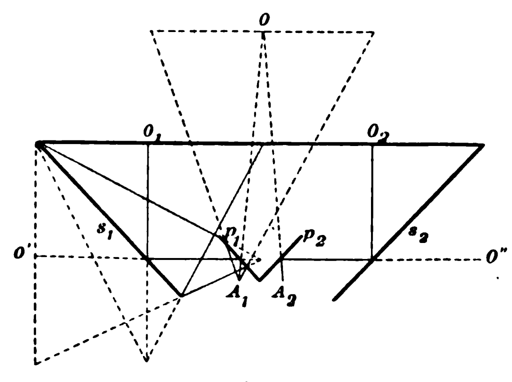


Fig. 3.

zwar auf der linken Seite ausführlich, auf der rechten nur in Bezug auf die Mitte des Bildes.

A_1 und A_2 ist der Ort der Augen, p_1 und p_2 die kleinen, s_1 und s_2 die grossen Spiegel, O_1 und O_2 die Mittelpunkte der beiden nebeneinander aufgestellten stereoskopischen Röntgenaufnahmen. Um diese Aufnahmen in ihrer ganzen Ausdehnung zu reflektieren, beginnen die beiden grossen Spiegel s_1 und s_2 bereits an den äusseren Enden des Objektes, gegen welches sie einen Winkel von 45 Grad bilden. Die Bilder von O_1 und O_2 in den Spiegeln s_1 und s_2 sind O' und O'', die kleinen Spiegel p_1 und p_2 erzeugen hiervon das gemeinsame Bild O, in welchem also die Bilder der beiden stereoskopischen Aufnahmen sich zu einem einzigen Bilde für die beiden Augen A_1 und A_2 vereinigen. Da die beiden Augenachsen $A_1 O$ und $A_2 O$ nach O konvergieren müssen, so dürfen die Spiegel p_1 und p_2 nicht parallel den Spiegeln s_1 und s_2 aufgestellt sein, sondern sie müssen um denselben Konvergenzwinkel der Augenachsen von der Parallelität abweichen.[1])

Die ganze einfache optische Einrichtung befindet sich in einem Kasten, dessen Hinterseite aus Figur 4 ersichtlich ist. Sie wird ge-

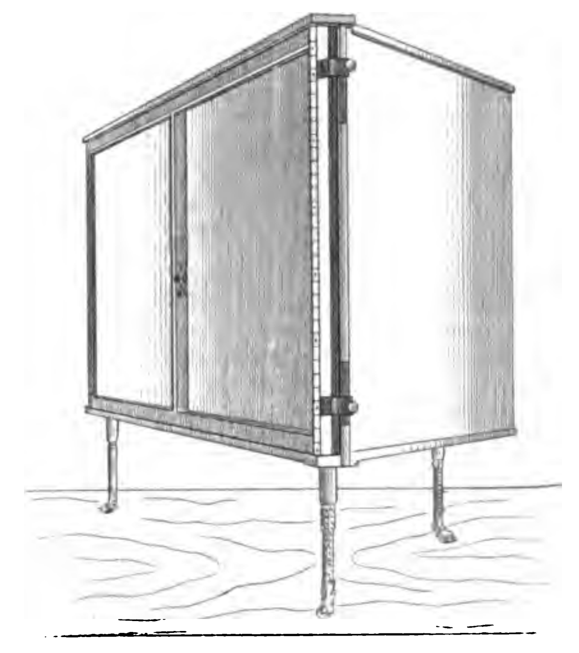


Fig. 4.

bildet durch zwei matte Glasscheiben von der Grösse der aufzunehmenden Röntgennegative, die also in durchfallendem Lichte beobachtet werden. Sie werden von der Seite in den Kasten hineingeschoben; zur Aufnahme kleinerer Formate sind verschiebbare Halter vorhanden, welche die Befestigung jeden Formates erlauben.

Zu den Stereoskopapparaten für grössere

1) Photogr. Chronik 1899, S. 538. Eders Jahrbuch 1900, S. 518.
2) Brit. Journ. of Photogr. 1900, S. 382. Eders Jahrbuch 1901, S. 431.
3) Stereoscopie de précision. Paris 1895.

1) Nach Fertigstellung des Manuskripts ersehe ich aus dem Märzheft der Zeitschrift für Instrumentenkunde, dass C. Pulfrich seinem zu Messzwecken konstruierten Stereokomparator auch ein Spiegelstereoskop nach Helmholtzscher Konstruktion beigiebt. Es dient hier zur Gewinnung einer Übersicht über das ganze Bild, vorwiegend ist es für die stereoskopische Bedeutung telestereoskopischer Landschaftsaufnahmen von Bedeutung. Die Pulfrichsche Vorrichtung ist nur für Plattengrössen bis 13×18 cm gedacht, aus der Figur des Stereokomparators ist nicht zu ersehen, wie die ganzen Platten beleuchtet werden, wenn man sie im ganzen betrachten will, da die an dem Apparat angebrachten kleinen Spiegel nur die kleine auszumessende Stelle beleuchten.

Bilder nach dem Schema der Figur 2 gehört zunächst das bereits erwähnte ältere Stereoskop von Duboscq mit achromatisierten ablenkenden Prismen.

Hierzu muss auch das von F. Drouin angegebene Stéréoscope à double réflexion totale gerechnet werden[1]), wenngleich es nur für ein Auge eine Ablenkung der Strahlen hervorbringt. Während die beiden Augen A_1 und A_2 (Fig. 5) nach dem Mittelpunkte O_1 des

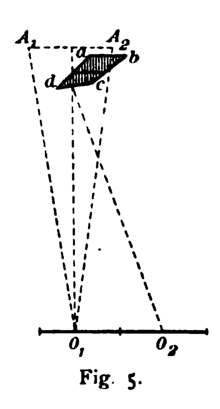


Fig. 5.

linken Bildes konvergieren und das linke Auge A_1 thatsächlich auf das Bild O_1 sieht, erhält das rechte Auge durch ein davor gelagertes Prisma die Strahlen von dem rechten Bilde O_2, dessen Gesichtseindruck sich also über denjenigen des Bildes O_1 lagert. Die Flächen *ad* und *bc* des Prismas sind versilbert, so dass die Strahlen auf ihrem Wege von A_2 bis O_2 in denselben zweimal reflektiert werden. Diese Anordnung hat den Nachteil, dass die Helligkeit, unter welcher O_2 gesehen wird, durch den Lichtverlust im Reflexionsprisma *abcd* eine geringere ist, als diejenige, unter der O_1 erscheint. Diese Mängel liessen sich dadurch beheben, dass man vor das Auge A_1 ebenfalls ein solches Reflexionsprisma in entgegengesetzter Lage setzte.

Immerhin ist aber das Gesichtsfeld und damit die Grösse der zu übersehenden Objekte in ganz bestimmter Weise beschränkt, indem die Grösse des Reflexionsprismas *abcd* nicht eine beliebige sein kann, sondern von dem Augenabstand s_1 s_2 abhängig ist; es darf durch das Prisma nicht das mit dem Auge A_1 direkt zu betrachtende Bild O_1 verdeckt werden. Ferner wird O_2, weil es weiter entfernt ist, unter einem kleineren Winkel gesehen als O.

Ich habe mich deshalb bei Konstruktion eines solchen Stereoskops wieder der Idee von Duboscq nach dem Typus der Figur 2 zugewendet und vor jedes Auge ein achromatisiertes Prisma mit der brechenden Kante nasenwärts gesetzt. Der Beschreibung dieses einfachen Stereoskops muss vorausgeschickt werden, dass derartige ablenkende Prismen einen nicht ganz zu beseitigenden Fehler haben, dass nämlich senkrechte Linien, durch ein solches Prisma betrachtet, etwas gekrümmt erscheinen, wie solches ja jedem, welcher die Spektrallinien in einem Spektroskope beobachtet hat, bekannt ist. Da die Prismen vor den beiden Augen sich in zu einander entgegengesetzter Lage befinden, so wird also die erwähnte Krümmung in den beiden Bildern eine entgegengesetzte sein. Merkwürdigerweise wird dieser Umstand bei der stereoskopischen Betrachtung, wenn die Krümmung nicht gar zu gross ist, nicht empfunden. Wohl kann man sie sehen, wenn man nur mit einem Auge beobachtet, bei zweiäugigem Sehen werden die beiden nicht ganz übereinstimmenden Netzhautbilder doch ohne Mühe zu einem einzigen vereinigt.

Immerhin nötigt dieser Umstand dazu, nicht allzu stark brechende Prismen zu benutzen und ich habe mich deshalb damit begnügt, Kronglasprismen von 60 Grad anzuwenden, welche durch auf beide Flächen gekittete Flintglaskeile achromatisiert werden, so dass eine Ablenkung von etwa $14\frac{1}{2}$ Grad übrigbleibt.

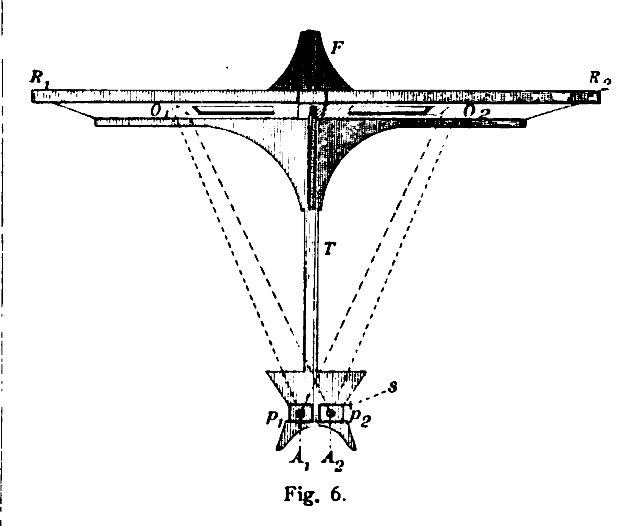


Fig. 6.

In Fig. 6 ist dieser Apparat wiedergegeben. Auf einem Fuss F steht ein Rahmen R_1 R_2, dessen Hinterwand eine matte Glasscheibe bildet. Vor diese können beiderseits Glasbilder bis zur Grösse 40×50 cm eingeschoben werden, bei Anwendung kleinerer Formate kann der Raum über, unter und seitlich der Platten abgeblendet werden, wie die Figur zeigt. Natürlich können ebensogut wie Glasnegative oder Positive auch undurchsichtige Papierbilder eingesetzt werden, welche dann ihre Beleuchtung von vorne erhalten.

Der Okularteil des Apparates enthält bei

1) Bull. de l'Association Belge de Photogr. 1899, S. 117.

p_1 und p_2 die beiden achromatisierten Prismen, durch welche die beiden Augen A_1 und A_2 die Mittelpunkte O_1 und O_2 der beiden Objekte in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheinen. Durch eine seitliche Schraube s kann die Entfernung der beiden Prismen voneinander je nach der Augenweite des Beobachters eingestellt werden. Vor den Prismen p_1 und p_2 befindet sich beiderseits eine Schutzhaube. Die vordere hält fremdes Licht von den Augen des Beobachters ab, die hintere verhindert, dass anderes Licht auf die Prismen p_1 und p_2 falle als dasjenige, welches von den beiden Objekten O_1 und O_2 kommt.

Der ganze Okularteil steht auf einer Säule in gleicher Höhe mit der Mitte der Objekte O_1 und O_2. Diese Säule ist befestigt auf einer Stange T, welche sich ihrerseits unter den Fuss F hindurchschiebt. Der Okularteil kann also in verschiedene Entfernungen zu dem Objekt gebracht werden. Die Vorrichtung zur Aufnahme kleinerer Formate erlaubt nämlich, dass die Bilder einseitig, der Mitte zu, zu liegen kommen, wie das aus der Figur auch ersichtlich ist. Will man sie unter den günstigsten Verhältnissen beobachten, so nähert man das Okular dem Objekt so weit, dass seine Mitten in die Mitte des Gesichtsfeldes fallen. Es ist schon weiter oben dargelegt, dass dieses der Art, wie man Gegenstände verschiedener Grösse überhaupt zu betrachten pflegt, entspricht.

Auf Vorschlag des Herrn Dr. Walter sind die Prismen p_1 und p_2 durch nach oben herausragende Knöpfe um 180 Grad um eine durch sie hindurchgehende vertikale Achse drehbar. Die der Mitte des Gesichtsfeldes entsprechenden Strahlen haben dann den Verlauf der gestrichelt gezeichneten Linien, so dass man mit dem rechten Auge A_2 das linke Objekt O_1, mit dem linken Auge A_1 das rechts befindliche Objekt O_2 sieht; an Stelle des mühsamen Vertauschens der Objekte gegeneinander tritt also nur die einfache Drehung der Prismen p_1 und p_2.

Dieselbe Einrichtung hat bereits Drouin bei seinem in Fig. 5 wiedergegebenen Reflexionsprisma getroffen, durch dessen Drehung um 180 Grad ebenfalls die beiden Objekte miteinander vertauscht werden können. Sie soll aber nicht nur dazu dienen, ein richtiges stereoskopisches Bild zu erhalten, auch wenn einmal zufällig die beiden Stereoskopbilder miteinander verwechselt sind. Es soll vielmehr dadurch die Möglichkeit gegeben werden, das stereoskopische Relief umzukehren, einen pseudoskopischen Effekt herbeizuführen (wie bei dem Pseudoskop von Wheatstone), was in Fällen, wo die Deutung der mit dem Apparat beobachteten stereoskopischen Röntgenaufnahmen auf Schwierigkeiten stösst, von einem gewissen Vorteil sein kann.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass die in Vorstehendem beschriebenen beiden Stereoskope bereits auf der bei Gelegenheit der 73. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte im September 1901 in Hamburg veranstalteten Röntgenausstellung vorgeführt wurden. In einem von B. Walter erstatteten Bericht über diese Ausstellung[1]) wird hervorgehoben, dass die Betrachtung der Originalröntgenplatten mittels dieser Stereoskope nicht nur ausserordentlich lehr- und genussreich, sondern auch sehr häufig, z. B. bei der Aufsuchung von Fremdkörpern oder der Feststellung der Lage der Knochenenden bei Verrenkungen und Brüchen, von grosser diagnostischer Bedeutung sei.

1) Diese Zeitschrift 3, 245, 1902.

(Eingegangen 15. April 1902.)

Polarlichtbeobachtungen in Göttingen.

Von E. Wiechert.[1])

Mit Unterstützung der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen unternahm ich es schon vor einigen Jahren, von Göttingen aus das Polarlicht zu beobachten, bei der Ungunst der äusseren Verhältnisse leider ohne Erfolg. Der beständig vorhandene leichte Dunst, welcher teils von dem Getriebe der Stadt herrührt und teils durch die Thallage Göttingens bedingt ist, wird von den Gasglühlichtlampen der Strassen und des Bahnhofes so hell erleuchtet, dass zarte Erscheinungen am nächtlichen Himmel unterdrückt werden. So musste denn die Hoffnung auf den Neubau der geophysikalischen Warte auf dem Hainberge ausserhalb Göttingens gerichtet werden. Das Hauptgebäude derselben mit der für die Beobachtungen sehr geeigneten Plattform konnte im Herbst vorigen Jahres bezogen werden.

Ich hegte die Ansicht, dass das Polarlicht in unseren Breiten eine viel häufigere Erscheinung sei, als gewöhnlich angenommen wird, indem nur die besonders auffälligen Phänomene bei den mannigfachen Störungen genügend hervortreten. So liess ich zur Erzielung einer einfachen und sicheren Beobachtungsmethode ein Spektroskop von ungewöhnlicher Lichtstärke und in geeigneter Montierung durch die hiesige Firma Voigt & Hochgesang (Inhaber R. Brunnée) anfertigen. Spaltrohr und Fernrohr haben Linsen (von Steinheil-München) von 27 mm Öffnung und 108 mm Brennweite; eine Linse vor dem Spalt ermöglicht es, jede Stelle des Himmels

1) Aus den Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-physikalische Klasse. 1902. Heft 2. Sitzung vom 8. März 1902.

für sich zu untersuchen. Anfänglich wurde ein einfaches Flintglasprisma mit 60^0 brechendem Winkel, 50 mm Seitenlänge und 35 mm Höhe, später ein Rutherford-Prisma (von Zeiss-Jena) mit entsprechender Öffnung benutzt. Die Dispersion des ersteren beträgt zwischen C und F $1^0\ 35'$, die des zweiten in denselben Grenzen $5^0\ 27'$, also etwa $3\,{}^1/_2$ mal soviel. Für das erstere erwies sich eine achtfache, für das letztere eine vierfache Fernrohrvergrösserung als zweckentsprechend. Das Rutherford-Prisma löst dann die D-Linien noch sehr gut auf und ermöglicht bei einem Okularkreis von ca. 7 mm eine volle Ausnutzung der Lichtaufnahmefähigkeit des Auges.

Beobachtungen im November 1901.

Den ersten sternklaren Abend, an welchem das Instrument verwendet werden konnte, bot der 1. November vorigen Jahres, und ich hatte die Freude, mit dem ersten Blick nach dem Nordhimmel die Polarlichtlinie sehr deutlich zu sehen. Sie konnte dann auch am Osthimmel konstatiert werden; nach Westen zu störte das Licht der Stadt. An allen folgenden klaren und mondlichtfreien Abenden des November: am 2., 3., 5., 7., 9., war die Polarlichtlinie stets in gleicher Weise mehr oder minder deutlich sichtbar, so dass ich anf die Vermutung kam, sie sei eine beständige Erscheinung. Dies erwies sich aber später als hinfällig, da ich die Linie einige Male selbst mit dem viel wirkungsvolleren Rutherford-Prisma nicht entdecken konnte.

Beobachtungen im Dezember 1901 und Januar 1902.

Für die letztere Bemerkung boten die fünf für die Beobachtungen geeigneten Abende des Dezember und Januar Belege. — Am 31. Januar wurde das Rutherford-Prisma zum ersten Male angewendet.

Beobachtungen im Februar und Anfang März 1902.

Weiterhin hatte ich bis heute noch Beobachtungsabende am 1., 4., 5., 9., 25., 26., 28. Februar, sowie am 2. und 3. März. An den Tagen in der ersten Hälfte des Februar gelang es mir nicht, die Polarlichtlinie mit einiger Sicherheit festzustellen, an sämtlichen späteren Abenden aber trat sie mit grosser Intensität auf. Am Osthimmel erschien sie fast ebenso hell oder gar heller als am Nordhimmel und im Süden liess sie sich in einiger Höhe stets beobachten. Am 28. Februar und am 3. März war sie mit Ausnahme eines kleinen Bereiches in dem hellsten Lampenschein über dem mittleren Teile von Göttingen am ganzen Firmament zu sehen, selbst im Zenith und am Horizont im Süden.

Am 2. und eine zeitlang am 3. März war der Himmel fast völlig bedeckt. Die Polarlichtlinie zeigte sich dabei in allen Wolkenlücken und hin und wieder sogar durch leichte Wolkenschleier hindurch. Am 3. März konnte sie im kontinuierlichen Spektrum des hellen Nebels über dem nördlichen Teile der Stadt bis zum Horizonte herab beobachtet werden.

Das freie Auge sah in allen den beschriebenen Fällen nur eine geringe Erhellung des Himmels, welche diejenige der Milchstrasse in der Regel durchaus nicht erreichte und nur einmal, am 3. März, vielleicht in den ersten Abendstunden im Norden und Osten etwas übertraf. Die grösste Helligkeit zeigte sich in 15^0 bis 18^0 Höhe, in 45^0 Höhe war sie nur noch sehr gering. Stets war die Erscheinung ganz diffus, ohne irgend welche hervortretende Grenzen.

Fasst man alles zusammen, so wird man schliessen können, dass die Erde in unseren Breiten an sehr vielen Abenden auf weiten Gebieten mit einer in Polarlicht leuchtenden Schicht überdeckt ist. Wollte man als deren untere Grenze eine Höhe von 40 km annehmen, so würde nach der Beobachtung am Südhorizont folgen, dass die Schicht sich zuweilen mindestens bis zu 45^0 Breite erstreckt und noch in 38^0 Breite, d. h. noch im Süden Italiens, sichtbar sein müsste.

Über den Zusammenhang mit den magnetischen Variationen möchte ich vorläufig spezielle Angaben vermeiden.

Göttingen, den 4. März 1902.

Später ist es mehrfach gelungen, die Polarlichtlinie selbst bei Mondlicht zu sehen. — Aus den Beobachtungen ist zu schliessen, dass ein merklicher Teil des nächtlichen Himmelslichtes in unseren Breiten auf Rechnung von elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre zu setzen ist.

(Eingegangen 11. April 1902.)

Universal-Vakuumapparate zu Versuchen über elektrische Entladungen in Gasen.[1])

Von W. Biegon von Czudnochowski.

Seitdem die Erscheinungen der elektrischen Entladungen in verdünnten Gasen nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen durch deren Verwertung auch für weitere Kreise wesentliche Bedeutung gewonnen haben, während bis dahin ihre praktische Verwendung sich im wesentlichen auf die Benutzung der bekannten Spek-

1) Vgl. Ztschr. f. d. physik. u. chem. Unterricht, 15, 124–126, 1902.

tralröhren beschränkte, erscheint auch ihre etwas eingehendere Betrachtung schon im Unterricht angezeigt. Dem steht aber die Mannigfaltigkeit der in Betracht kommenden Erscheinungen sowie die Anforderungen, die dieselben bezüglich der Form und Einrichtung der zu verwendenden Glasapparate stellen, hindernd entgegen, insofern als fast für jeden Versuch eine besondere Anordnung eines solchen notwendig ist. Gegenwärtig besitzen nun die Quecksilberluftpumpen, zumeist wohl in der Form der selbstthätigen, eine so grosse Verbreitung, dass der vielseitigen Anwendung von Glasapparaten, welche erst unmittelbar vor dem Versuche ausgepumpt werden, nennenswerte Hindernisse nicht im Wege stehen dürften, und es ist damit ferner die Möglichkeit geboten, den Apparaten eine solche Einrichtung zu geben, die sie zu verschiedenen Versuchen verwendbar macht, indem man einzelne Teile auswechselbar anordnet.

Zunächst hat sich für den in Rede stehenden Zweck der ursprünglich für besondere Versuche [1]) hergestellte Apparat Fig. 1 — Aus-

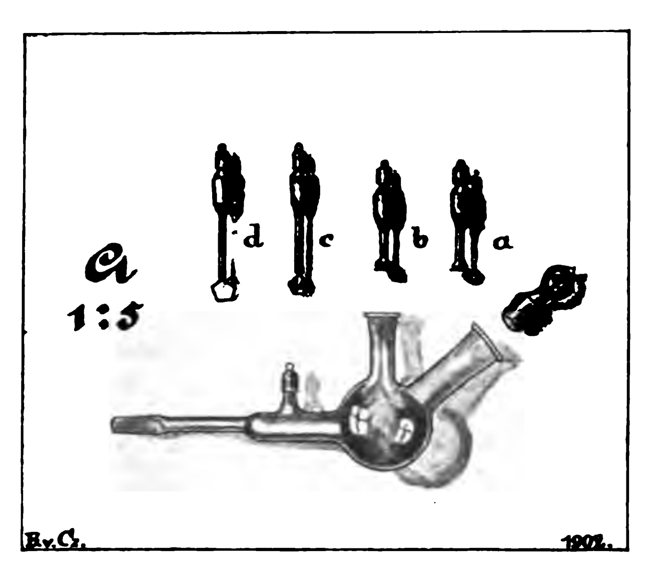


Fig. 1.

führung *A* — mit geringen Zusätzen als recht brauchbar erwiesen. Er besteht, wie ersichtlich, aus einer Kugel von 60 mm Durchmesser mit zwei Hälsen und einem sich in einiger Entfernung verengenden Ansatzrohr, welches zur Verbindung mit der Luftpumpe dient und entweder mit Schliff zum unmittelbaren Ansetzen [2]) oder Schlauchstück versehen ist. Der seitliche, mit einem einfachen eingeschliffenen Stopfen verschlossene Hals dient zum Einbringen von Mineralien und anderen Gegenständen, welche den Kathodenstrahlen ausgesetzt werden sollen; der zweite Hals dient zur Aufnahme einer der dem Apparate beigegebenen Kathoden: einer ebenen *a*, einer konkaven *b*, einer mehreckigen Hohlkathode nach Goldstein *c* und einer entsprechenden Drahtkathode *d*. [1]) Die Anode ist in einem Seitenansatz des erwähnten zur Verbindung mit der Pumpe bestimmten Rohres eingeschmolzen.

1) Diese Ztschr. **2**, 65, 1900.

2) Hierzu ist natürlich das betreffende Stück der Pumpe einzusenden, bezw. ein bereits vorhandener passender Schliff zum Anschmelzen an den Apparat.

Wegen der bei längerem Gebrauche störenden Erwärmung des Kugelbodens durch die Kathodenstrahlen ist jedoch diese Form nach einem für andere Zwecke hergestellten Doppelapparat [2]) verändert, wie Fig. 2 zeigt: Ausfüh-

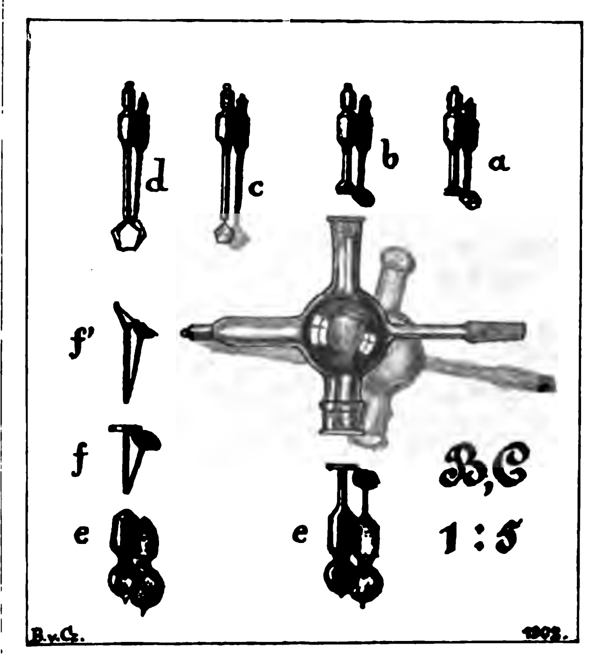


Fig. 2.

rung *B*. Der Durchmesser des weiten nunmehr der Kathode gerade gegenüberliegenden Schliffes ist vergrössert, und der zugehörige Stopfen *e* mit einem angeschmolzenen Tischchen mit ebener Oberfläche versehen, welche zur Aufnahme der Versuchsmaterialien bestimmt ist. Die Befestigung der letzteren geschieht am besten mit Gips, sie sitzen damit ziemlich fest, lassen sich jedoch auch ohne Bruchgefahr wieder entfernen; ebenso kann man auch Drahtklammern anwenden. Das zur Pumpe führende Rohr ist, um das Ganze handlicher zu machen, vom Anodenrohr getrennt.

Der letztbeschriebene Apparat lässt noch

1) S. O. Lehmann, Die elektrischen Entladungen u. s. w. Halle 1898, S. 372—373, und J. J. Thomson, Die Entladung der Elektrizität durch Gase. Leipzig 1900, S. 121—123.

2) Diese Ztschr. **3**, 82, 1901.

eine weitere Vervollkommnung zu, wenn man das Tischchen nicht anschmelzen, sondern mit einem konischen Zapfen in den Stopfen einsetzen lässt — Fig. 2, *f*. Setzt man dann an seiner Stelle ein mit einer schrägstehenden Platinplatte versehenes Glasstäbchen — *f'* — ein, so kann man die Vorrichtung als Röntgenröhre benutzen, wobei auf Anbringung einer metallischen Verbindung der *Pt*-Platte nach aussen behufs Anschluss an die Kathode als nicht unbedingt notwendig verzichtet ist. (Ausführung *C*.)

Die vorbeschriebenen Einrichtungen dürften wohl als wirkliche Universalapparate allen billigen Anforderungen genügen, um mit ihnen alle wichtigeren Erscheinungen der elektrischen Entladungen in Gasen vorführen zu können, abgesehen davon, dass sie auch zu besonderen Untersuchungen Verwendung finden können. Es lässt sich an ihnen beobachten, abgesehen von den bekannten Erscheinungen bei geringer Verdünnung: die geschichtete Entladung, Kathodenstrahlen, deren Lumineszenzwirkungen, Deflexionsfiguren, Färbungswirkungen, Röntgenstrahlen; auch kann die Zahl der Zubehörteile ev. noch vermehrt werden z. B. für den Nachweis der von den Kathodenstrahlen mitgeführten Ladung. Das Auspumpen erfordert nicht viel Zeit; mit einer einfachen Quecksilberluftpumpe nach Spiess[1]) von ca. 400 ccm Stiefelinhalt genügen 20 Minuten, um eine sehr kräftige Lumineszenz von Flussspat, Kalkspat u. s. w. unter dem Einflusse von Kathodenstrahlen zu erzielen und unter Verwendung automatischer oder Geryk-Pumpen[2]) würde eine bedeutende Abkürzung dieser Zeit sich ergeben. Das von mir meist benutzte Induktorium besitzt nur 23 mm Schlagweite, wobei aber die erwähnten Erscheinungen sämtlich vollkommen scharf und sehr deutlich auftreten.[3]) Bei einem Verdünnungsgrade, welcher in dem weiteren Teile des die Anode enthaltenden zur Pumpe führenden Ansatzrohres des Apparates Fig. 1 nur zwei Schichten von 23 mm Abstand[4]) zur Ausbildung kommen lässt, ist von blauem Lichte in der Kugel in der Regel nichts mehr zu sehen und die Phosphoreszenz von Glaswand und eingebrachten Mineralien sehr kräftig.

Die Anfertigung der beschriebenen Apparate hat die Firma Max Stuhl, Berlin N.W., Philippstrasse 22, übernommen.[1])

1) Mit nur von Hand zu bewegendem Quecksilbergefäss.
2) Ztschr. f. den physik. und chem. Unterricht, **14**, 285, 1901.
3) Es ist dies ein früher in einem Schnellscher-Automaten verwendetes Induktorium von Siemens & Halske mit Platinunterbrecher, welches dauerndes Arbeiten ohne nennenswerte Erhitzung der Kontakte verträgt. — Ein Induktorium grösserer Leistung — ich benutzte ein solches von M. Kohl-Chemnitz für 120 mm Schlagweite — zeigt dieselben Erscheinungen, nur bedeutend lichtstärker.
4) Von Helligkeitsmaximum zu Helligkeitsmaximum gerechnet.

1) Die Apparate werden zu folgenden Preisen geliefert: Ausführung A (Fig. 1) mit 4 Kathoden, wie angegeben, 18,50 Mk.; Ausführung B (Fig. 2), ebenfalls mit 4 Kathoden, 20 Mk.; Ausführung C, ausserdem noch mit abnehmbarem Tischchen und Einrichtung für Röntgenversuche, 25 Mk.

Berlin, April 1902.

(Eingegangen 25. April 1902.)

Über Kathodenstrahlreflexion bei schiefer Incidenz.

Von J. Stark.

1. Einleitung.

Von W. Weber[1]) und E. Riecke[2]) ist die Hypothese aufgestellt worden, dass zwischen einem Teilchen eines Körpers und einem elektrischen Teilchen eine Kraft, im besonderen eine anziehende wirkt, welche das elektrische Teilchen von seiner Bahn ablenkt. In einer früheren Mitteilung[3]) in dieser Zeitschrift wurde aus jener Ablenkungshypothese eine Reihe von Folgerungen über die Reflexion der Kathodenstrahlen, speziell an Metallen, gezogen; diese standen im Einklang mit allen bis dahin beobachteten Thatsachen. Nun sind letzthin von L. Austin und H. Starke[4]) neue Versuche über die Reflexion der Kathodenstrahlen an Metallen veröffentlicht worden. Diese setzen sich einerseits zu keiner der bisherigen Folgerungen aus der Ablenkungshypothese in Gegensatz, andererseits regen sie zu einer Ergänzung derselben an.

Die Aufgabe der vorliegenden Mitteilung ist folgende. Es sollen aus der Ablenkungshypothese neue Folgerungen gezogen und gewisse Eigenschaften der Kathodenstrahlreflexion vorhergesagt werden; ob die experimentelle Untersuchung sie bestätigt, modifiziert oder widerlegt, ist von untergeordneter Bedeutung; die Hypothese hat ihren Dienst geleistet, wenn sie die Aufdeckung neuer Seiten der Kathodenstrahlreflexion veranlasst hat. An einem anderen Orte soll auf mehrere mögliche Fehlerquellen aufmerksam gemacht werden, welche bei der experimentellen Untersuchung auf die Grösse ihres Einflusses geprüft und eventuell berücksichtigt werden müssen.

2. Abhängigkeit der Reflexion von der Geschwindigkeit bei senkrechter Incidenz.

In der früheren Mitteilung wurde aus der

1) W. Weber, Ges. Werke, Berlin 1894, Bd. IV, S. 389.
2) E. Riecke, Wied. Ann. **66**, 357, 1899.
3) Diese Zeitschr. **3**, 161, 1902.
4) L. Austin und H. Starke, Verh. d. D. physik. Ges. **4**, 106, 1902.

Ablenkungshypothese folgender Satz abgeleitet. „Mit anfänglich kleiner wachsender Elektrodenspannung nimmt die Intensität der reflektierten Kathodenstrahlen von einem kleinen Wert an erst ziemlich rasch bis zu einem Maximum zu, dann nimmt sie bei weiter steigender Elektrodenspannung wieder ab und strebt einem konstanten Werte zu." Die messende Untersuchung hat zu entscheiden, bei welchem Werte der Elektrodenspannung oder der Kathodenstrahlgeschwindigkeit das Maximum der Reflexion eintritt und von welchem Wert an das Reflexionsvermögen eines Metalles als konstant betrachtet werden kann.

Der obige Satz wurde zunächst für senkrechte Incidenz abgeleitet und an H. Starkes Messungen für diesen Fall geprüft. Es zeigten diese in der That bei Aluminium in einem Falle (vergl. Fig. 1 in der früheren Mitteilung) zwischen 5000 und 7000 Volt deutlich eine Abnahme des Reflexionsvermögens mit wachsender Geschwindigkeit. Zur Beantwortung der Frage nach der Lage des theoretisch geforderten Maximums seien ebenfalls Starkes Versuche herangezogen. Nach diesen liegt jenes Maximum für Aluminium und Kupfer jedenfalls unterhalb 5000 Volt; dies entspricht einer Kathodenstrahlgeschwindigkeit von ungefähr $4 . 10^9$ cm sec^{-1}. Die Konstanz des Reflexionsvermögens beginnt nach Starkes Messungen für die meisten Metalle bereits bei 7000 Volt Elektrodenspannung. Wie auch nachstehende neu mitgeteilte Tabelle (L. Austin und H. Starke, a. a. O. S. 122) zeigt, ist die Abnahme des Reflexionsvermögens des Kupfers von 7000 Volt an nahezu bereits von der Grössenordnung der Beobachtungsfehler.

Elektrodenspannung	Reflexionsvermögen
7000	0,50
12000	0,51
18000	0,47
25000	0,49

Der Bereich der Elektrodenspannung von 5000—25000 Volt entspricht einem Geschwindigkeitsbereich von $4,3 \cdot 10^9$ bis $8,6 \cdot 10^9$ cm. sec^{-1}. Die Reflexion der Kathodenstrahlen in dem Geschwindigkeitsbereich 0 $4,3 \cdot 10^9 \cdot$ cm $\cdot$ sec^{-1} lässt sich schwer experimentell untersuchen. Der Glimmstrom kann für diesen Bereich zu ihrer Erzeugung mit Hilfe kleinerer Elektrodenspannungen als 5000 Volt nicht angewendet werden; mit der Erniedrigung der Elektrodenspannung geht nämlich die Erhöhung des Gasdruckes Hand in Hand, bei kleineren Elektrodenspannungen ist darum der Druck und damit die Zerstreuung der Kathodenstrahlen im Gase so gross, dass genaue Messungen der Reflexion am Metall allein unmöglich werden. Man könnte daran denken, die Kathodenstrahlen nach dem Vorgang Lenards in einem hohen Vakuum bei niedrigerer Kathodenspannung durch ultraviolette Bestrahlung der Kathode zu erzeugen und dann diese langsamen Strahlen auf ihre Reflexion an einem Metall zu untersuchen. Indes dürfte dieses Verfahren infolge der geringen Intensität der erzeugten Kathodenstrahlen schwer anzuwenden sein.

Infolge der Konstanz des Reflexionsvermögens für Kathodenstrahlen ist es möglich, für die einzelnen Metalle das Reflexionsvermögen als charakteristische Konstante zu definieren. Aber ausdrücklich betont sei, dass eine solche Definition nur für schnelle Kathodenstrahlen und senkrechte Incidenz Gültigkeit hat. Diese Bedingungen sind auch bei Starkes Werten erfüllt.

3. Reflexion bei variabler schiefer Incidenz und konstanter Geschwindigkeit.

Definitionen und Prinzip. — In der früheren Mitteilung wurde die Reflexion der Kathodenstrahlen bei schiefer Incidenz nur hinsichtlich der Abhängigkeit von dem Emanationswinkel einer Besprechung unterzogen. Nunmehr sollen über die Gesamtreflexion bei schiefer Incidenz die Folgerungen aus der Ablenkungshypothese gezogen werden. Zunächst aber seien im Interesse der Klarheit einige Auseinandersetzungen und Definitionen vorausgeschickt.

Treffen primär einfallende Kathodenstrahlen auf einen reflektierenden Körper, so dringen sie mehr oder minder tief in ihn ein; ein Teil dieser primären Kathodenstrahlteilchen verbleibt darauf im Körper, wird „absorbiert"; aus diesem kann man eine negative Elektrizitätsmenge ableiten, welche gleich ist der elektrischen Ladung der absorbierten Kathodenstrahlteilchen. Diese messbare Ladung soll absorbierte Intensität J_a heissen. Der übrige vom Reflektor nicht absorbierte Teil der primären Kathodenstrahlteilchen begiebt sich durch Reflexion von dem Reflektor wieder in den angrenzenden Gasraum und kann aus diesem an einen geeignet angebrachten Käfig oder Auffänger seine elektrische Ladung abgeben. Die von den reflektierten Teilchen mitgeführte elektrische Ladung möge reflektierte Intensität J_r heissen. Die Summe $(J_a + J_r)$ aus gesamter absorbierter und gesamter reflektierter Intensität ist gleich der primären einfallenden Intensität J_i.

Der Strom, welcher aus dem Reflektor über ein Galvanometer zur Erde fliesst, soll nach dem Vorgang von Austin und Starke Reflektorstrom R heissen, der Strom aus dem Auffänger zur Erde Auffängerstrom A. In jenem ist die absorbierte Intensität, in diesem die reflektierte, vollkommenes Auffangen vor-

ausgesetzt, enthalten. Man darf nun im allgemeinen nicht $R = J_a$ und $A = J_r$ setzen; wie nämlich bereits in der ersten Mitteilung betont wurde, kann sich durch eine Wirkung, welche nichts mit der Kathodenstrahlreflexion zu thun hat, noch eine andere Stromstärke über J_r oder J_a lagern und so eine scheinbare Verstärkung oder Schwächung der Reflexion hervorbringen. Doch davon sei an einem anderen Orte die Rede. Wir heben noch einmal ausdrücklich hervor, dass wir im folgenden unter absorbierter Intensität nicht den Reflektorstrom, unter reflektierter Intensität nicht den Auffängerstrom verstehen und gehen jetzt zur Betrachtung der Reflexion der Kathodenstrahlen bei schiefer Incidenz über, indem wir uns auf den Standpunkt der Ablenkungshypothese stellen.

Bewegen sich die Teilchen eines Kathodenstrahlenbündels in einer bestimmten primären Richtung zwischen den Teilchen eines Körpers, z. B. eines Metalls, so werden sie von der primären nach allen möglichen Richtungen seitlich abgelenkt, indem sie eine Geschwindigkeitskomponente senkrecht oder sogar entgegengesetzt zu ihrer primären Richtung annehmen. Dies ist die Erscheinung der Zerstreuung der Kathodenstrahlen. Treten hierbei die primären Strahlen von einem Gasraum in einen festen Körper, speziell ein Metall, den „Reflektor", so verläuft ein Teil der zerstreuten Strahlen ausschliesslich im Reflektor (Undurchlässigkeit oder grosse Dicke vorausgesetzt), der übrige Teil begiebt sich in den Gasraum nach allen Richtungen zurück; als solche diffuse Zerstreuung der Kathodenstrahlen aus einem Reflektor in den Gasraum zurück wurde in der ersten Mitteilung die Kathodenstrahlreflexion charakterisiert.

Problemstellung. — Dies zur Erinnerung vorausgeschickt, sei nunmehr unser Problem scharf und klar gestellt. Gegeben ist ein paralleles primäres Kathodenstrahlenbündel von konstanter Geschwindigkeit, sein normaler Querschnitt sei kreisförmig und konstant, und ebenfalls konstant die in der Zeiteinheit durch denselben von den Strahlen geführte negative Elektrizitätsmenge oder mit anderen Worten, es sei die primäre einfallende Intensität J_i konstant. Dieses Kathodenstrahlenbündel treffe nun auf einen ebenen, undurchlässig dicken, ausgedehnten metallischen Reflektor; die primäre Kathodenstrahlrichtung werde konstant gehalten, gedreht werde zur Gewinnung schiefer Incidenz der Reflektor um eine Achse, welche in seiner Vorderfläche liegt, normal zu der Richtung des primären Kathodenstrahlenbündels steht und durch dessen Mittellinie geht. Wir stellen nun folgende Frage: Wie ändert sich mit dem Einfallswinkel die gesamte reflektierte Intensität J_r der Kathodenstrahlen unter den gemachten Voraussetzungen?

Die genaue Antwort auf die vorstehende Frage ist nicht leicht. Die reflektierte Intensität ist nämlich das Ergebnis zweier Wirkungen, die sich übereinanderlagern.

Wie bereits in der ersten Mitteilung auseinandergesetzt wurde, vollzieht sich die Reflexion der Kathodenstrahlen als Zerstreuung nicht ausschliesslich an oder auf der Oberfläche, sondern auch im Innern eines Reflektors. Ein Teil der zerstreuten Strahlen wird von den Metallteilchen, welche die primären Strahlen auf ihrem Wege zuerst antreffen, durch eine einmalige Ablenkung von seiten eines Metallteilchens in den Gasraum reflektiert; dieser Teil soll reflektierte Intensität erster Ordnung J'_r heissen. Ein anderer Teil wird von den in der primären Kathodenstrahlrichtung nächstfolgenden Metallteilchen des Reflektors nach zwei oder mehreren Ablenkungen durch die oberste Teilchenschicht hindurch in den Gasraum zurückgeworfen, dieser Teil soll reflektierte Intensität zweiter Ordnung J''_r heissen. Die Summe aus reflektierter Intensität erster und zweiter Ordnung ist gleich der gesamten reflektierten Intensität oder kurz der reflektierten Intensität J_r.

Sowohl die reflektierte Intensität erster wie diejenige zweiter Ordnung ist nun abhängig vom Einfallswinkel. Wir wollen zunächst jede für sich betrachten. Absehen können wir von einer dritten Wirkung. Bei konstanter primärer Intensität J_i verringert sich nämlich die auf die Einheit der bestrahlten Fläche des Reflektors entfallende primäre Intensität i_i mit wachsendem Einfallswinkel α nach dem Gesetze $i_i = \frac{J_i}{q} \cos\alpha$, wo q den Normalschnitt des primären Bündels bedeutet. Gleichzeitig wächst aber auch die getroffene Fläche f des Reflektors nach dem Gesetz $f = \frac{q}{\cos\alpha}$. Wenn darum das Reflexionsvermögen bei konstanter Kathodenstrahlgeschwindigkeit unabhängig ist von der Intensität, so kompensiert sich hinsichtlich der Reflexion die Abnahme von i_i durch die Zunahme von f. Diese Voraussetzung ist aber sicherlich für kleine und mittlere Intensitäten erfüllt, für grosse allerdings nicht mehr, weil diese durch Erhitzung den Zustand des Reflektors zu beträchtlich verändern.

Reflektierte Intensität erster Ordnung. — Da, wie gesagt, die Kathodenstrahlreflexion im Innern des reflektierenden Metalls sich vollzieht, so dürfen wir die genäherte Annahme machen, dass die räumliche Verteilung der zerstreuten Strahlen erster Ordnung rings um die Einfallsrichtung der primären Strahlen unab-

hängig sei von dem Einfallswinkel, solange dieser nicht gross ist. Die daraus für die Reflexion sich ergebende Folgerung wird am besten zeichnerisch klar gemacht.

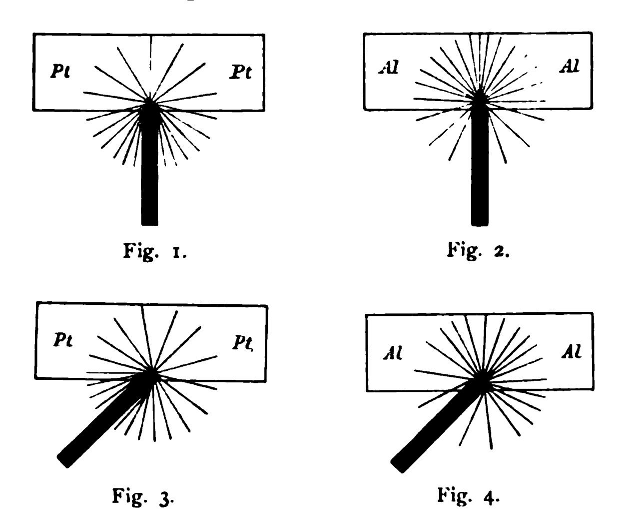


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

In den Figuren 1—4 bezeichnet der dicke Strich das primäre einfallende Kathodenstrahlenbündel, die fein ausgezogenen Linien bedeuten die nach allen Richtungen zerstreuten Strahlen; das mit *Pt* bezw. *Al* bezeichnete Rechteck bedeutet die Reflektorplatte. Es verhalten sich die verschiedenen Metalle als Kathodenstrahlreflektoren quantitativ sehr stark verschieden; sie ordnen sich in eine Reihe; an deren einem Ende stehen die stark, an dem anderen die wenig zerstreuenden Metalle. Als Repräsentant des ersten Extrems mag das Platin, als derjenige des zweiten Extrems das Aluminium gelten. Figur 1 und 3 stellt nun den Typus der Kathodenstrahlreflexion an stark, Figur 2 und 4 denjenigen an wenig zerstreuenden Metallen bei senkrechter bez. schiefer Incidenz dar. Aus den vorstehenden Figuren lassen sich folgende Sätze ablesen.

Das Gesetz der räumlichen Verteilung oder das Emanationsgesetz der reflektierten Kathodenstrahlen erster Ordnung ist erstens von Metall zu Metall, zweitens von Einfallswinkel zu Einfallswinkel verschieden.

Mit wachsendem Einfallswinkel nimmt die reflektierte Intensität erster Ordnung bei den stark zerstreuenden Metallen nur wenig zu, vielleicht sogar etwas ab, bei den schwach zerstreuenden Metallen nimmt sie beträchtlich zu.

Diese Sätze über die Abhängigkeit der reflektierten Intensität erster Ordnung erfahren indes noch eine Modifikation. Diejenige Intensität eines primären Kathodenstrahlenbündels, welche von der obersten Teilchenschicht eines Reflektors zerstreut bez. in den Gasraum reflektiert wird, hängt, wie sich von selbst versteht, von zwei Dingen ab: erstens von der Grösse der ablenkenden Kraft zwischen einem Metall- und einem Kathodenstrahlteilchen, bezogen auf einen gewissen Abstand zwischen beiden, zweitens von der Zahl der Metallteilchen, welche in dem Schnitt der Reflektorfläche mit dem Kathodenstrahlenbündel liegen; je grösser die ablenkende Kraft und je grösser die Zahl der Metallteilchen in jenem Schnitt ist, desto grösser ist die reflektierte Intensität erster Ordnung. Nun ist zwar die ablenkende Kraft (bezogen auf einen gewissen Abstand) unabhängig von dem Einfallswinkel, nur abhängig von der Natur des Reflektors, dagegen ändert sich die Zahl (z) der reflektierenden obersten Metallteilchen mit dem Einfallswinkel. Ist z_0 die Zahl der Metallteilchen, welche in der Einheit der Oberfläche verteilt ist, q der Normalschnitt des Kathodenstrahlbündels, so gilt $z = \frac{z_0 \cdot q}{\cos\alpha}$. Wie auch die Figuren 5 (unten) und 6 (oben) für den Einfallswinkel $\alpha = 0$ und $\alpha = 65^0$ anschaulich machen (Kreise Metallteilchen, Gerade Kathodenstrahlen), nimmt, unabhängig von der Natur des Reflektormetalls, die Zahl der obersten reflektierenden Metallteilchen erst langsam dann rasch zu mit wachsendem Einfallswinkel. Ein und dasselbe Metall als Reflektor verhält sich in seiner Oberflächenschicht bei senkrechter Incidenz anders als bei schiefer; die Vergrösserung des Einfallwinkels wirkt in der betrachteten Hinsicht angenähert geradeso, wie wenn der Einfallswinkel konstant gleich Null, der Schnitt der Reflektorfläche mit dem Strahlenbündel konstant gleich q bliebe, dagegen in dieser Fläche q die Zahl der Metallteilchen proportional mit $\frac{1}{\cos\alpha}$ grösser, also das reflektierende Metall dichter würde.

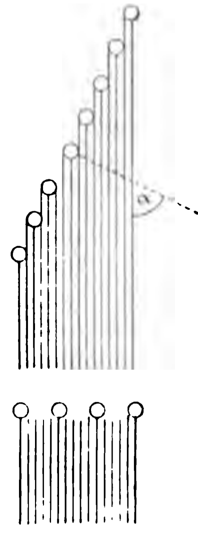


Fig. 5 u. 6.

Die Vergrösserung der Zahl z mit wachsendem Einfallswinkel lässt auch ohne weiteres erkennen, dass die oben gemachte Annahme einer Unabhängigkeit der räumlichen Verteilung der zerstreuten Strahlen vom Einfallswinkel nur eine Annäherung ist und für grosse Einfallswinkel nicht mehr zutrifft. Für grosse Einfallswinkel überwiegt der Einfluss der Vergrösserung der Zahl z der reflektierenden Metallteilchen.

Beide Wirkungen, räumliche Verteilung und Änderung der Zahl z zusammenfassend, kommen wir zu folgendem Resultat. Die reflektierte Intensität erster Ordnung nimmt mit wachsendem Einfallswinkel für alle Metalle zu, erst langsam, dann schnell; für die wenig zerstreuenden Metalle ist diese Zunahme grösser als für die stark zerstreuenden.

Reflektierte Intensität zweiter Ordnung. — Die reflektierte Intensität zweiter Ordnung rührt davon her, dass von den Metallteilchen, welche in der primären Kathodenstrahlenrichtung auf die von dieser zuerst getroffenen Teilchen folgen, Kathodenstrahlen durch die oberste Teilchenschicht hindurch in der Richtung nach dem Gasraum zerstreut werden. Um in diesen zu gelangen und so die Reflexion zu vermehren, müssen sie die oberste Metallschicht durchlaufen; in dieser aber erfahren sie eine Absorption. Je geringer diese ist, desto grösser wird die reflektierte Intensität zweiter Ordnung. Jene Absorption ist einmal von Metall zu Metall verschieden, in Platin grösser als in Aluminium; sodann hängt sie ab von der Dicke der durchlaufenen Oberflächenschicht oder von dem Abstand, welche die an zweiter und höherer Stelle von der primären Kathodenstrahlrichtung getroffenen Metallteilchen von der Oberfläche haben. Dieser Abstand und somit die absorbierende Dicke wird aber bei wachsendem Einfallswinkel kleiner und zwar mit dem Cosinus desselben. Der dadurch bedingten Abnahme der Absorption in der Oberflächenschicht entspricht eine Zunahme der reflektierten Intensität zweiter Ordnung. Demnach nimmt mit wachsendem Einfallswinkel α die reflektierte Intensität zweiter Ordnung $\mathfrak{J}_r$ zu und zwar für sämtliche Metalle, indes ist die Zunahme bei einem bestimmten Einfallswinkel für die stark zerstreuenden kleiner als für die schwach zerstreuenden. Für Platin ist beispielsweise der Differentialquotient $\frac{\partial \mathfrak{J}''_r}{\partial \alpha}$ kleiner als für Aluminium. Für jene Metalle ist nämlich von vornherein die in die Tiefe eindringende und dann wieder reflektierte Intensität kleiner und dann ist die Absorption in der Oberflächenschicht grösser als bei den schwach zerstreuenden Metallen.

Gesamte reflektierte Intensität. — Nach den vorstehenden Auseinandersetzungen ist ein jedes Glied der Summe $\mathfrak{J}_r = \mathfrak{J}'_r + \mathfrak{J}''_r$ eine Funktion des Einfallswinkels α. Wir ziehen aus ihnen zunächst die Folgerung für das Verhalten schwach zerstreuender Metalle wie für Aluminium. Für diese ist der Differentialquotient $\frac{\partial \mathfrak{J}_r}{\partial \alpha}$ positiv und beträchtlich für grössere Einfallswinkel und das gleiche gilt von den Differentialquotienten $\frac{\partial \mathfrak{J}''_r}{\partial \alpha}$. Darum ist auch der Differentialquotient $\frac{\partial \mathfrak{J}_r}{\partial \alpha} = \frac{\partial \mathfrak{J}'_r}{\partial \alpha} + \frac{\partial \mathfrak{J}''_r}{\partial \alpha}$ positiv und beträchtlich für grössere Einfallswinkel. Demnach nimmt für schwach zerstreuende Metalle die (gesamte) reflektierte Intensität mit wachsendem Einfallswinkel beträchtlich zu und zwar erst langsam, dann schneller; dementsprechend nimmt die absorbierte Intensität $\mathfrak{J}_a$ mit wachsendem Einfallswinkel ab. Die messende, von Fehlerquellen freie Beobachtung dürfte dies für Aluminium bestätigen.

Für stark zerstreuende Metalle sind $\frac{\partial \mathfrak{J}_r}{\partial \alpha}$ und $\frac{\partial \mathfrak{J}'_r}{\partial \alpha}$ zwar auch positiv, aber klein, $\frac{\partial \mathfrak{J}_r}{\partial \alpha}$ kann im extremsten Falle sogar durch Null hindurchgehen und negativ werden. Was für die zwei vorstehenden Differentialquotienten gilt, trifft auch bei ihrer Summe $\frac{\partial \mathfrak{J}_r}{\partial \alpha}$ zu. Für stark zerstreuende Metalle nimmt darum mit wachsendem Einfallswinkel die reflektierte Intensität ebenfalls zu, aber in kleinerem Betrage als für schwach zerstreuende Metalle.

Ohne weiteres ist folgender Satz klar. Für zwei verschiedene Metalle ist das Verhältnis der reflektierten Intensitäten oder das Verhältnis der Reflexionsvermögen eine Funktion des Einfallswinkels. Für Platin und Aluminium beispielsweise ist dieses Verhältnis $x = \frac{(\mathfrak{J}_r)_{Pt}}{(\mathfrak{J}_r)_{Al}}$ für $\alpha = 0$ gross, nimmt aber mit wachsendem Einfallswinkel auf einen viel kleineren Wert ab.

Einfluss der Politur. — Unser Erklärungsprinzip lässt erkennen, dass bei senkrechter Incidenz der Grad der Politur nur einen sehr geringen Einfluss auf die reflektierte Intensität haben kann; dies wurde bereits in der ersten Mitteilung dargelegt. Der geringe Einfluss, der sich bei grösserer Rauhigkeit zeigen mag, wird

bei stark zerstreuenden Metallen grösser sein als bei schwach zerstreuenden.

Bei schiefer Incidenz wird die reflektierte Intensität durch den Grad der Politur des Reflektors beeinflusst; die Zunahme mit der Verbesserung der Politur ist unter sonst gleichen Umständen um so grösser, je grösser der Einfallswinkel ist. Diese Folgerung ergiebt sich aus den obigen Darlegungen. Die Hervorragungen bei geringer Politur bedeuten nämlich bei der Kleinheit der Masse eines einfallenden primären Elektrons an den betreffenden einzelnen Stellen eine Verkleinerung des Einfallswinkels, umsomehr, je grösser der Einfallswinkel α des ganzen primären Kathodenstrahlenbündels bezogen auf die Reflektornormale ist; Verkleinerung des Einfallswinkels bringt aber eine Verringerung der reflektierten, eine Vermehrung der absorbierten Intensität hervor.

4. Abhängigkeit der Reflexion von der Geschwindigkeit bei schiefer Incidenz.

Wie bereits in der ersten Mitteilung auseinandergesetzt wurde, nimmt der Ablenkungswinkel (Winkel zwischen primärer Strahlenrichtung und Richtung eines zerstreuten Strahlteilchens) ab, wenn die Geschwindigkeit der Strahlen zunimmt; demgemäss nimmt mit wachsender Geschwindigkeit die Zerstreuung und Absorption durch eine dünne Metallschicht von bestimmter Dicke ab. Diese Abnahme des Ablenkungswinkels ist um so grösser, je kleiner sein anfänglicher Wert bei nicht zu grosser Geschwindigkeit war. Aus diesem Grund nimmt, als eine Zerstreuung, die Reflexion bei senkrechter Incidenz (grosser Ablenkungswinkel) mit wachsender Geschwindigkeit oberhalb einer Elektrodenspannung von 7000 Volt nur mehr wenig ab. Bei schiefer Incidenz liegt die Sache jedoch anders. Je grösser der Einfallswinkel ist, desto mehr macht sich in der reflektierten Intensität der Anteil der wenig abgelenkten Strahlen geltend, desto deutlicher muss der Einfluss der Geschwindigkeit auf diese hervortreten. Bei schiefer Incidenz nimmt darum die reflektierte Intensität erster sowohl wie zweiter Ordnung und darum auch die gesamte reflektierte Intensität mit wachsender Kathodenstrahlengeschwindigkeit oder erzeugender Elektrodenspannung ab, und zwar umsomehr, je grösser der Einfallswinkel ist. Für sehr grosse Geschwindigkeiten nimmt indessen auch in diesem Falle die Reflexion einen nahezu konstanten Wert an. Bei senkrechter Incidenz liegt diejenige Elektrodenspannung bez. Geschwindigkeit, oberhalb welcher das Reflexionsvermögen konstant erscheint, bei 7000 Volt bez. 5.10^9 cm . sec^{-1}. Bei schiefer Incidenz sind diese Werte um so grösser, je grösser der Einfallswinkel ist. Die Abnahme der reflektierten und somit die Zunahme der absorbierten Intensität mit wachsender Geschwindigkeit bei schiefer Incidenz an dickem Reflektor entspricht der Beobachtung, dass ein dünnes Metallblättchen bei normaler Incidenz umsomehr Kathodenstrahlen durch sich gehen lässt, je grösser deren Geschwindigkeit ist.

Göttingen, 10. April 1902.

(Eingegangen 16. April 1902.)

Über die elektrische Leitungsfähigkeit von isolierenden Flüssigkeiten und ihren Mischungen.

Von Giuseppe di Ciommo.

In nachfolgendem habe ich die Absicht, die Widerstände einer gewissen Anzahl von flüssigen Kohlenwasserstoffen einerseits und ihrer Mischungen andererseits zu bestimmen, um zu sehen, wie sie voneinander abhängen. Ich habe zu diesem Zwecke zwei verschiedene Methoden befolgt, je nachdem die zu untersuchende Flüssigkeit einen ungemein grossen oder einen sehr viel kleineren, aber immerhin noch recht beträchtlichen Widerstand hat.

Mittels meiner ersten Methode habe ich das Benzol, Toluol, Hexan, Äthan, Xylol (Meta), Kumol, Kohlenstoff-Tetrachlorür und ihre Mischungen untersucht. Man verbindet eine der Elektroden des Widerstandsgefässes, welches die Flüssigkeit enthält, mit der Nadel eines Quadranten-Elektrometers Thomson-Villari; die andere Elektrode wird an den Pol einer Batterie von 100 Daniellschen Elementen angeschlossen, deren entgegengesetzter Pol nach dem Boden abgeleitet ist; die Quadranten des Elektrometers werden mit einer 100 Voltasche Elemente starken Batterie geladen.

Bei diesem Verfahren erhält die Nadel des Elektrometers eine elektrische Ladung, die durch die zu untersuchende Flüssigkeit durchgegangen ist; ihre Ablenkung steigt langsam bis zu einem Maximum, welches stationär bleibt.

Wir bezeichnen mit v das Potential, welches die Nadel erreicht hat; mit V dasjenige der Ladungsbatterie; $V-v$ ist die Potentialdifferenz, die an den beiden Elektroden des Widerstandsgefässes entsteht; ein Strom $I=\frac{V-v}{R}$ passiert also die zu untersuchende Flüssigkeit, wenn wir den Widerstand dieser Flüssigkeit mit R bezeichnen. Ist das Potential der Nadel stationär, so gleicht die Elektrizitätsmenge, die sie erhält, das aus, was sich in der Zeiteinheit frei in der Atmosphäre verliert, und man erhält also:

$$\frac{V-v}{R}\,60'' = c\varepsilon,$$

c bedeutet die elektrische Kapazität der Nadel und ε die Abnahme ihres Potentials durch spontane Verluste während einer Minute. Hieraus ergiebt sich nun:

$$R = \frac{V-v}{\varepsilon} \cdot \frac{1}{c}\,60''.$$

Die zweite Methode, welche die Methode des Ladungsverlustes genannt wird, habe ich bei dem Schwefelkohlenstoff, dem Carven, dem Brombenzol, dem Chloroform und ihren Mischungen, wie auch für Mischungen des Schwefelkohlenstoffes mit dem Äthan, dem Hexan und dem Kohlenstoff-Tetrachlorür angewendet. Man bestimmt den Ladungsverlust eines Kondensators von der Kapazität c, der bis zu einem Potential V geladen wird, während seine Belegungen durch die zu untersuchende Flüssigkeit für eine gewisse Zeit t geschlossen werden. Wird nun das Potential des Kondensators zu V^1, so weiss man, dass der Widerstand R der Flüssigkeit durch die Beziehung

$$\frac{1}{R} = \frac{c}{t} \log_e \frac{V}{V^1}$$

an die anderen gemessenen Grössen gebunden ist.

Ging ich nach obigen Methoden unter Beachtung aller Vorsichtsmassregeln vor, so gelangte ich zu nachstehenden Folgerungen:

1. Ohne Rücksicht auf den inneren Mechanismus der Leitungsfähigkeit der gewöhnlich als nicht leitend betrachteten Flüssigkeiten kann man den Unterschied zwischen ihnen und den als Leitern bekannten in absoluter Weise nicht feststellen, weil man bei Vervollkommnung der Messungsmethoden findet, dass alle Flüssigkeiten Spuren (wenngleich äusserst schwache) von eigener Leitungsfähigkeit aufweisen.

2. Die elektrischen Widerstände $\beta_{(mt)}$ der Flüssigkeitsmischungen, die unter dem Namen der Nichtleitenden gehen, fallen nicht mit denen zusammen, die wir auf Grundlage der Widerstände der flüssigen Komponenten und der Proportionen, in denen sie die Mischung bilden, berechnet haben ($\beta_{(mc)}$). Unter den von mir untersuchten Flüssigkeiten machen die mit Carven gemischten eine Ausnahme; für sie ist

$$\beta_{(mt)} > \beta_{(mc)}.$$

3. Der Unterschied zwischen berechneten ($\beta_{(mc)}$) und gefundenen ($\beta_{(mt)}$) Werten verändert sich mit dem Prozentgehalte der Mischung. Bei denjenigen Mischungen, deren flüssige Komponenten annähernd gleiche elektrische Widerstände haben, wurden obige Differenzen stets positiv; sie gehen von Null aus, erreichen ein Maximum und sinken dann wieder auf Null. Bei Mischungen, deren flüssige Komponenten untereinander stark differierende elektrische Widerstände besitzen, gehen die Unterschiede ($\beta_{(mc)} - \beta_{(mt)}$) von Null aus, erreichen sehr rasch ein positives Maximum, sinken dann bis auf Null, werden hierauf negativ und machen denselben Gang unter diesem Vorzeichen durch. Übrigens sind die Widerstände der Mischungen aus flüssigen Komponenten mit annähernd gleichen Widerständen immer kleiner als die Widerstände der flüssigen Komponenten.

4. Die Widerstände $\beta_{(gelöst)}$ und $\beta^1_{(gelöst)}$, die wir für jede von zwei Flüssigkeiten einer Mischung auf Grund des für die andere Flüssigkeit gefundenen Widerstandes, der Prozentgehalt der Mischung und des (gefundenen) Widerstandes der Mischung selber berechnet haben, sind veränderlich mit dem Prozentgehalt, mit welcher die Flüssigkeit (auf die β sich bezieht) in die Mischung eingeht. In den Mischungen von Benzol und Toluol steigen die Werte von $\beta_{(gelöst)}$ sowohl für das Benzol wie auch für das Toluol im selben Massstabe, als ihre Prozentualität zunimmt, bis sie mit dem eigenen Widerstande zusammenfallen. Man kann diese Resultate folgendermassen zusammenfassen: Die Leitungsfähigkeit, welche eine von den Flüssigkeiten besitzt, wenn sie in einer anderen von ungefähr gleicher Leitungsfähigkeit aufgelöst wird, steigt mit zunehmender Lösung. Ferner hat das Toluol ein grösseres Vermögen, den Widerstand des in ihm gelösten Benzols herabzusetzen, als das Benzol dem Toluol gegenüber aufweist.

Diese und andere Resultate zeigen, welche und wie tiefgreifende Veränderungen in derartigen Flüssigkeiten im Inneren ihrer Lösungen vor sich gehen.

Neapel, April 1902.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 19. April 1902.)

Wheatstone-Brücke mit Schleifdraht und regelbarem Vorschaltwiderstand.

Von Th. Bruger.

Vor längerer Zeit habe ich an dieser Stelle[1]) einen Kompensations-Apparat mit Kurbelschaltung beschrieben, welcher für alle Fälle infolge der besonderen Einrichtung der Kurbelrheostaten eine direkte Ablesung der gesuchten Messgrösse gestattet.

Das Prinzip, nach welchem die dort zur Anwendung gebrachten Kurbelschalter konstruiert sind, lässt sich auch für andere Zwecke mit Vorteil benutzen: so insbesondere für Herstellung veränderlicher Vorschaltwiderstände zum Schleifdraht von Wheatstone-Brücken. Die Möglichkeit, in einem Kreise angeordnete

1) Diese Zeitschrift 1, 167, 1900.

n Widerstände lediglich durch Drehen einer Kurbel so in zwei Abteilungen zu zerlegen, dass die eine a Widerstände und die andere n-a Widerstände umfasst, wo a von o bis n variiert werden kann, wird in diesem Falle so zur Konstruktion einer Schleifdrahtbrücke verwertet, dass der betreffende Kurbelrheostat 9 Widerstände, jeder gleich dem Messdraht, und einen Leerkontakt enthält und die ganze Schaltung der in Fig. 1 gegebenen schematischen

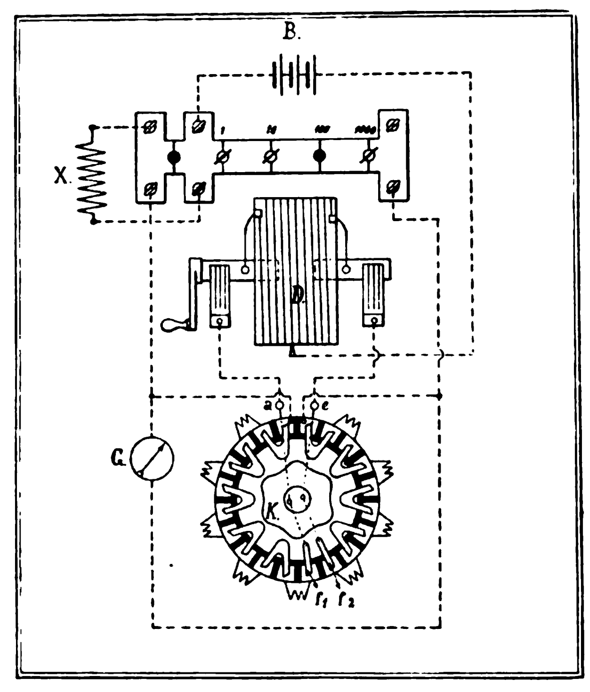


Fig. 1.

Darstellung entspricht. Hier ist D der etwa auf eine Walze gewundene Schleifdraht, dessen Enden mit den beiden Einzelfedern f_1 und f_2 der Kurbelschaltung verbunden sind, während die 9 Doppelfedern der letzteren die Hintereinanderschaltung der 9 Einzelwiderstände in die beiden Gruppen af_1 und ef_2 besorgen. Anfang und Ende des ganzen Systems von Vorschaltwiderständen sind gemäss dem Wheatstoneschen Schema einerseits an den Satz von Vergleichswiderständen 1, 10, 100, 1000 Ohm und andererseits an den zu messenden Widerstand X angeschlossen. Wie man ohne weiteres erkennt, können durch Drehung der Kurbel K die 9 Vorschaltwiderstände beliebig zu beiden Seiten des Messdrahtes gruppiert werden, so dass in den beiden extremen Fällen alle 9 am Anfang oder alle 9 am Ende desselben liegen. Damit ist dann die Länge des Messdrahtes gewissermassen verzehnfacht und auf demselben eine um eine Dezimale genauere Einstellung des Schleifkontaktes ermöglicht, so dass man bei Teilung des Drahtes selbst in 1000 Teile auf $^1/_{10000}$ des ganzen Betrages vom Messdraht und Vorschaltwiderständen direkt einstellen kann.

Was die bei dieser Anordnung auftretenden Übergangswiderstände zwischen den Kontaktfedern und den Schleifklötzen betrifft, so lassen sich dieselben auf den geringen Betrag, welchen ein sehr gut passender und gesäuberter Stöpsel aufweist, wohl nicht ganz herabdrücken. Doch darf man andererseits auch annehmen, dass der Übergangswiderstand eines Systems von Schleiffedern, wie es hier verwendet wird, wesentlich unveränderlicher bleibt, wie der von Stöpseln, so dass man denselben bei der Justierung der betreffenden Vorschaltwiderstände zum grossen Teil mit berücksichtigen kann und zwar hier um so eher, als immer die Anzahl der Übergangswiderstände derjenigen der für die Messung in Frage kommenden Hauptwiderstände proportional ist.

Zweckmässig bleibt es trotzdem, den Widerstand des Messdrahtes und damit zugleich auch den der diesem gleichen Vorschaltwiderstände möglichst gross zu wählen und daher erscheint der hier beschriebene Vorschaltwiderstand mit Kurbelschaltung besonders für solche Messbrücken geeignet, deren Messdraht eine relativ grosse Länge hat und etwa, wie auch in Fig. 1 angedeutet, in einer Anzahl von Windungen auf eine isolierende Walze gewickelt ist. Bei derartigen Brücken lässt sich dann sehr gut erreichen, dass die Übergangswiderstände in der Kurbelschaltung nur ungefähr 1 Zehntausendstel der zugehörigen Hauptwiderstände ausmachen.

Eine weitere zweckmässige Anwendung findet diese Kurbelschaltung für Apparate, die zur Fehlerortsbestimmung an in die Erde verlegten Kabeln nach der Murrayschen Schleifenmethode dienen. Die dieser entsprechende Schaltung ist in Fig. 2 dargestellt und man sieht,

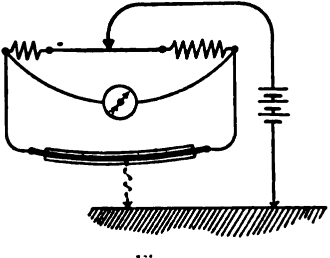


Fig 2.

dass der Fehlerort um so genauer gefunden wird, je genauer das Verhältnis der beiden Abschnitte, in welche das zu prüfende Kabel durch den Erdschluss geteilt wird — die Zuleitungen zum Kabel sind natürlich auf äquivalente Kabellängen zu reduzieren —, an dem Messapparat bestimmt und abgelesen werden kann. Ist also der Schleifdraht an und für sich in 1000 Intervalle geteilt und verbindet man mit

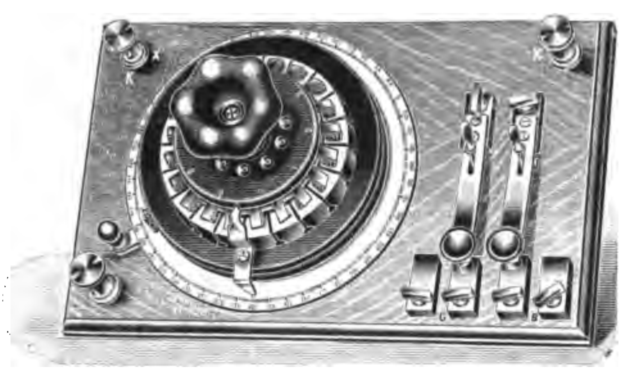


Fig. 3.

demselben einen regelbaren Vorschaltwiderstand vom neunfachen Betrage dieses Messdrahtes, so ist der Fehlerort auf ein Zehntausendstel der ganzen Kabellänge ablesbar.

Die äussere Form und Ausführung eines Apparates zur Fehlerortsbestimmung zeigt Fig. 3. Der Schleifdraht ist um eine Hartgummischeibe

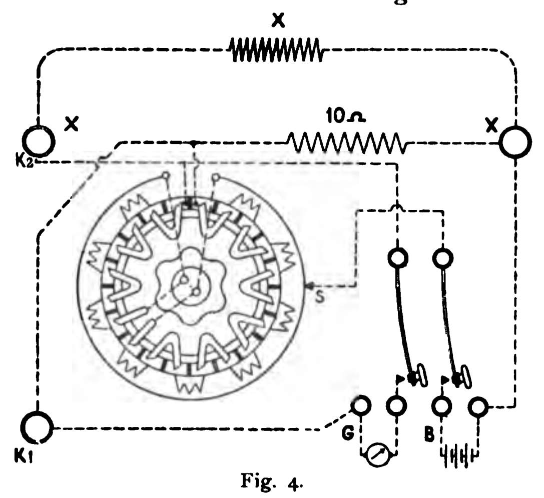


Fig. 4.

gelegt, auf welcher im Kreise die Anschlussklötze für die Vorschaltwiderstände angeordnet sind. Über denselben liegt das drehbare System der Schleiffedern, deren jede aus 5 einzelnen federnden Phosphorbronzelamellen besteht und die insgesamt auf der Unterseite einer mit Hartgummiknauf versehenen Hartgummiplatte montiert sind. Diese Platte mit den Federn ist nach Lösen einer einzigen centralen Schraube ohne weiteres abnehmbar. Der Teilkreis für den Messdraht ist mit der Kontaktvorrichtung zugleich drehbar, so dass die Ablesung sowohl des vorgeschalteten Widerstandes, wie auch der abgeteilten Schleifdrahtlänge in sehr bequemer Weise an je einer festen Marke erfolgt. Auf der Grundplatte des Apparates sind noch ein Batterie- und ein Galvanometerschlüssel untergebracht, während im Innern derselben ein Widerstand von 10 Ohm vorgesehen wurde,

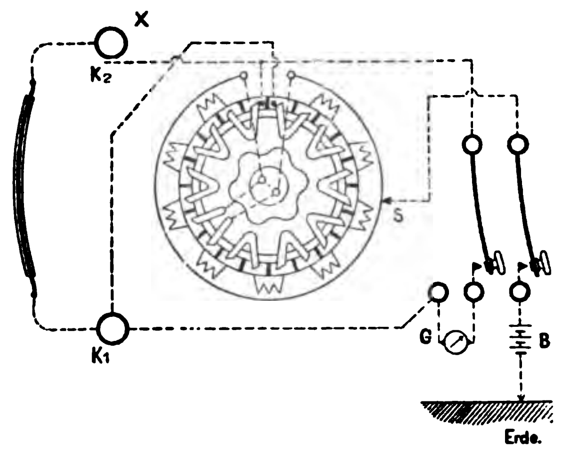


Fig. 5.

der als dritter bekannter Brückenzweig dienen soll, so dass bei Mitbenutzung desselben und Anschluss des zu messenden Widerstandes an die mit XX bezeichneten Klemmen der Apparat auch zur direkten Widerstandsbestimmung verwendbar ist. Soll dagegen bei einer Fehlerortsbestimmung nur die Feststellung eines Widerstandsverhältnisses erfolgen, so wird das Messobjekt an die Klemmen K_1 und K_2 gelegt. Die schematische Darstellung der Schaltung für beide Fälle ist in den Figuren 4 und 5 gegeben.

Die hier beschriebenen Apparate werden von der Firma Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a/M., hergestellt, welche den letzteren auch noch in vollkommenerer Ausführung mit eingebautem Drehspulgalvanometer und Messbatterie liefert.

(Eingegangen 25. April 1902.)

Personalien.

Der Ingenieur Hans Dieckhoff in Hamburg wurde zum etatsmässigen Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin ernannt.

Der Assistent für höhere Mathematik an der Technischen Hochschule in München, Dr. Martin Kutta, wurde als Privatdozent für angewandte und reine Mathematik an der genannten Hochschule, der Civilingenieur Henry Lossier als Privatdozent an der technischen Sektion der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Lausanne zugelassen.

Prof. Boltzmann in Leipzig kehrt an die Universität Wien zurück.

Am 2. Mai starb im Alter von 42 Jahren Prof. Dr. Johannes Frentzel, Lehrer der Chemie an der Landwirtschaftlichen und an der Technischen Hochschule zu Berlin, am 28. April der Professor der Mathematik an der Berliner Universität Fuchs.

Berichtigungen.

In der Arbeit des Herrn Chabot, Heft 15, S. 332, Spalte I, Zeile 21 v. o. soll es statt „radikalem" radialem heissen.

In den Personalien desselben Heftes, Seite 352, letzte Zeile soll es statt „Haun" Hann heissen.

In der Arbeit von Gradenwitz, Heft 15, p. 331, Spalte 1, Z. 1 v. o. lies „0,01" anstatt 0,1.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 17. 1. Juni 1902. 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 18 am 4. Juni 1902.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die sichtbare Projektion von Konvektions- und Diffusionsströmen in Gasen und Flüssigkeiten.

Von Percival Lewis.[1])

Von Boys, Mach und Salcher, Wood, Tufts und anderen ist die Töplersche Schlieren-Methode mit Erfolg auf die Photographie von Geschossen, Schallwellen und Gasstrahlen angewendet worden. Es giebt nun jedoch manche Fälle, in denen die Originalmethode unvorteilhaft ist, teils aus Mangel an passenden Linsen, teils, weil die zu beobachtenden Vorgänge ein Gesichtsfeld einnehmen, welches grösser als die Apertur der Linse ist. Es scheint nicht allgemein bekannt zu sein, dass eine sehr grosse Vereinfachung der Methode in vielen Fällen sehr befriedigende Resultate giebt, so zum Beispiel für die sichtbare Projektion von Luftspiegelungen, ferner von Konvektions- und Diffusionsströmen in farblosen Gasen und Flüssigkeiten. Der einzige erforderliche Apparat ist eine gewöhnliche, einfache Linse. Der Operationsbereich ist praktisch unbegrenzt, und die Vorgänge können auf einem grossen Schirm so deutlich projiziert werden, dass sie in einem weiten Raume sichtbar sind.

Ein horizontaler Strahl von Sonnen- oder Bogenlicht geht durch die Linse. Von der punktförmigen Lichtquelle im Brennpunkte geht das Licht in einem weiten Kegel bis zum gegenüberliegenden Schirm. Alle Unterschiede oder Veränderungen im Brechungsindex des innerhalb des Strahlenkegels befindlichen Mediums werden auf dem Schirm abgebildet. Es ist keine Linse weiter erforderlich und die Vorgänge stellen sich von selbst scharf ein.

Eine Bunsen-Flamme, welche irgendwo in den Lichtkegel gestellt wird, giebt ein sehr scharfes Bild. Da die heisseren Teile der Flammen und der Luft über ihr das Licht seitlich nach kälteren Gegenden hin brechen, so projizieren sich solche heisse Stellen als beschattete Flächen, die von hellen Linien eingefasst sind. Die Konvektionsströme können über ein Meter und darüber hinaus verfolgt werden. Die leuchtende Flamme giebt den Kegel ebenso deutlich wie die nichtleuchtende.

Wenn der Brenner unter eine grosse horizontale Metallplatte gestellt wird, an der das Licht mit streifendem Einfall entlang geht, so sieht man deutlich die Wirbelströme unter ihr und die Konvektionsströme über ihr. Dank der Aufwärtsbrechung und Totalreflexion an der oberen Fläche liegt der scheinbare Schatten höher als der geometrische und ist von einer sehr hellen Linie begrenzt. Eine Metallkugel, welche auf der Platte ruht, giebt einen stark deformierten Schatten, indem zwei scharfe Lichtstreifen von unten in sie hineindringen. Die rechtwinkelige Ecke einer Metallplatte, die die untere Seite der horizontalen Platte berührt, ist zu einem spitzen Winkel verzeichnet. Berührt sie die obere Fläche, so erscheint sie abgeflacht und durch einen

1) Herr Lewis schreibt uns nachträglich zu der obenstehenden Mitteilung: „Seit ich Ihnen die Notiz über eine Abänderung von Töplers Schlierenmethode sandte, habe ich gefunden, dass dieselbe Methode schon früher von v. Dvořák (Wied. Ann. **9**, 502, 1880) beschrieben wurde und von R. Emden (Wied. Ann. **69**, 264, 1899) angewendet worden ist. Ich bedaure, dass mir diese Arbeiten entgangen waren und ebensosehr, dass die so schöne Demonstrationsmethode offenbar so wenig Beachtung gefunden hat." Die Herausgeber.

„schwarzen Tropfen" mit dem Schatten der heissen Platte verbunden. Einige von diesen Vorgängen zeigen grosse Ähnlichkeit mit gewissen Luftspiegelungen, die bisweilen zwischen den Berggipfeln, entlang der Bai von St. Francisco, gegen den Abend eines heissen ruhigen Tages gesehen werden, wenn die Erdoberfläche sich abzukühlen beginnt. Es scheint möglich, in dieser Weise mancherlei Luftspiegelungen nachzuahmen und zu projizieren.

Wenn Äther über die heisse Platte ausgegossen wird, so wird der Schatten gänzlich ausgelöscht und seine Stelle von hellen, welligen Lichtfalten, die langsam heruntersinken, eingenommen. Wird Ätherdampf (nicht die Flüssigkeit) aus einem Becher ausgegossen, so ist derselbe deutlich zu sehen.

Ströme von Wasserstoff, Kohlensäure und anderen Gasen können auf dem Schirm gezeigt werden, ebenso Leuchtgas, wenn der untere Teil des Brenners verschlossen ist, um die Luft auszuschliessen.

Die beigedruckten Figuren stellen einige dieser Erscheinungen dar. Sie sind angefertigt nach Photographien des Schirmes, die mit einer halben Sekunde Expositionsdauer aufgenommen sind. Fig. 1 zeigt den Schatten einer horizontalen Metallplatte, welche von zwei Kugeln und zwei rechteckigen Platten berühr wird. Unter ihr befindet sich ein Strom von unangezündetem Leuchtgas, der unter der Platte eine schwache Wolke bildet. Oberhalb sieht man den Schatten des Becherglases, von welchem aus Ätherdampf in einem hellen Strom hinunterfliesst. In Fig. 2 ist die Bunsenflamme angezündet. Unter der Platte befindet sich eine dunkle Wolke heisser Luft, von einer hellen Linie begrenzt. Oberhalb des Schattens der Platte befindet sich eine ähnliche helle Linie. Die Strömungslinien der heissen Luft sind deutlich zu sehen, namentlich gerade über der Flamme. Die Kugeln und die rechtwinkeligen Ecken der Platte sind innerhalb der heissen Schicht deformiert.

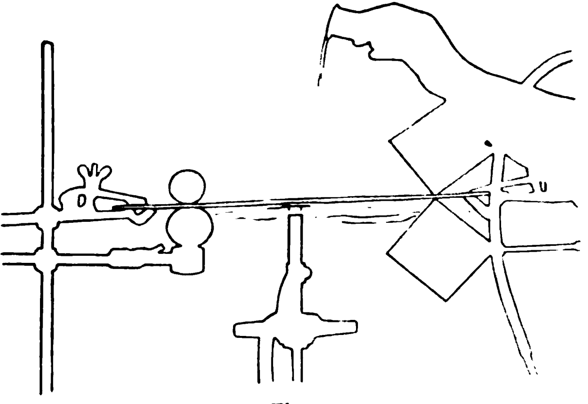


Fig. 1.

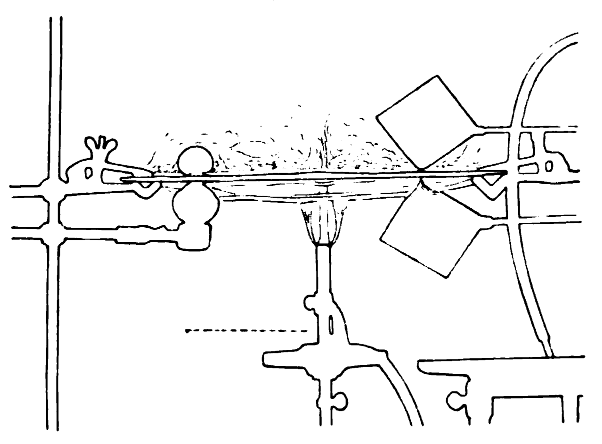


Fig. 2.

Wenn man eine Schachtel zur Herstellung von Rauchwirbelringen mit geöffnetem Boden auf die heisse Platte stellt, können heisse Luftringe von der Öffnung ausgeschleudert werden. Auf dem Schirm erscheinen sie als dunkle Ringe, die zu schwach sind, um photographiert zu werden.

Die Diffusionsströme, welche sich von einem farblosen Salz oder einigen Tropfen Alkohol erheben, die in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss gethan werden, sind ganz deutlich zu sehen. Die Konvektionsströme in einer erhitzten Flüssigkeit können in gleicher Weise gezeigt werden, und zwar auf weit befriedigendere Weise als nach der gewöhnlichen Methode mit suspendierten Teilchen.

Diese Abänderung der Schlieren-Methode scheint daher bei Vorlesungsversuchen und selbst im Gebiete wissenschaftlicher Untersuchungen in weitem Masse anwendbar zu sein.

Universität von Californien, Berkeley. März 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von M. Egebrecht.)

(Eingegangen 3. April 1902.)

Längenveränderung ferromagnetischer Drähte infolge von Magnetisierung bei konstanter Spannung.

Von K. Honda und S. Shimizu.[1])

Die Längenveränderung infolge von Magnetisierung bei konstanter Spannung wurde mit einer Anordnung gemessen, die auf Figur 1 abgebildet ist.

C war die Magnetisierungsrolle und w der zu untersuchende Draht, dessen oberes Ende an das Stativ S festgeklemmt war, während das untere Ende ein Gewicht Q trug. M war ein Spiegel, der am Rotationscylinder festsass, dessen Enden in Kegelspitzen ausliefen und leicht auf Achatschälchen aufgesetzt waren, die ihrerseits mit Schraubenköpfen auf der Messingnadel BB

1) Vorgetragen am 22. Juni 1901 in der Math.-phys. Gesellschaft zu Tokyo.

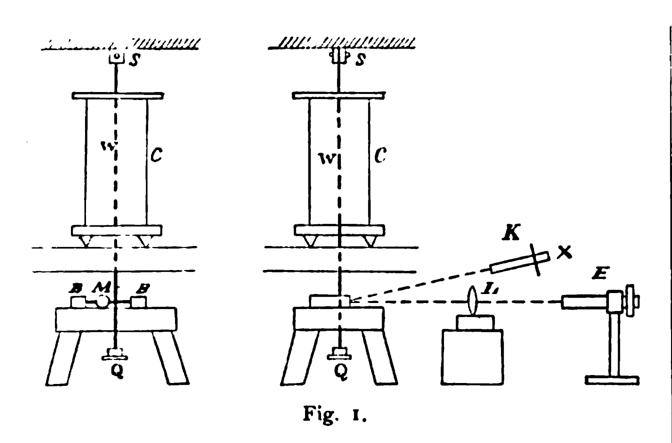


Fig. 1.

befestigt waren. *K* war ein Kollimator, *L* eine Linse und *E* ein Mikrometer mit Okularskala. Der Kollimatorspalt wurde mit einer Gasflamme beleuchtet; das Licht verlässt den auf Parallelstrahlen eingestellten Kollimator, wird vom Spiegel *M* reflektiert, und wird durch die Linse *L* konvergent gemacht und ins Mikrometerfeld geleitet. In der Mitte des Spaltes war parallel zum Rande ein sehr feiner Glasfaden gespannt, dessen Bild im Mikrometer deutlich gesehen wurde. Ein an das untere Ende des ferromagnetischen Drahtes angelöteter Kupferdraht berührte den Rotationscylinder unter geeignetem Druck; wenn der Draht eine Verlängerung oder Verkürzung erfuhr, drehte sich der Spiegel um einen kleinen Winkel und wurde die entsprechende Verrückung des Fadenbildes im Mikrometerfelde beobachtet.

Der zu untersuchende Draht war 21 cm lang und 0,15 cm dick; an seine Enden waren sorgfältig ausgeglühte weiche Kupferdrähte vom selben Durchmesser gelötet. Er hing vertikal in der Axiallinie der Magnetisierungsrolle, die 30 cm lang war, so dass derselbe sich in einem annähernd gleichförmigen Felde befand. Der Ständer, an dem der Rotationscylinder befestigt war, konnte mit Hilfe von Schrauben aufwärts und abwärts, wie auch vorwärts und rückwärts bewegt werden. Diese Anordnung gestattete es, die Achse unter geeignetem Drucke zur Berührung mit dem senkrecht aufgehängten Drahte zu bringen. Ein Vorversuch zeigte, dass, wenn der Druck in der Berührungsfläche zwischen Draht und Cylinder mässig war, keine Spur von Einschneiden am Cylinder zu beobachten war.

Vermittelst unserer Anordnung waren wir im stande, an unseren Versuchsobjekten Längenveränderungen von dem winzigen Betrage 3×10^{-8} pro Centimeter zu messen, wobei der Durchmesser des Rotationscylinders 0,121 cm betrug.

Einige von unseren Versuchsergebnissen sind in nebenstehenden Figuren graphisch dargestellt.

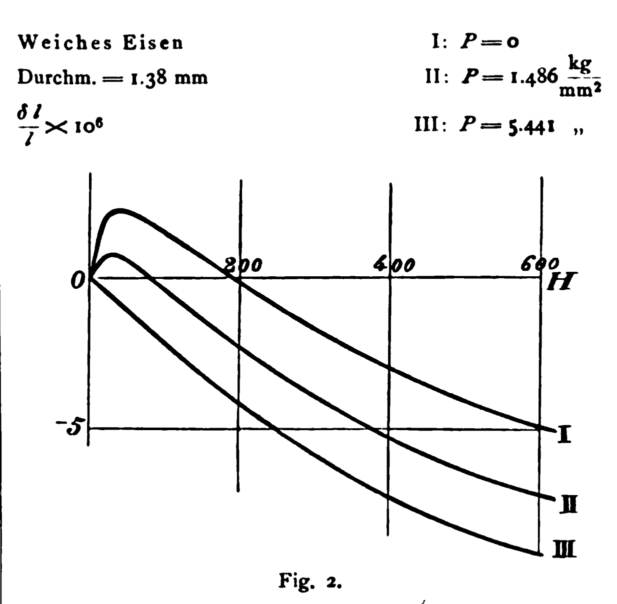


Fig. 2.

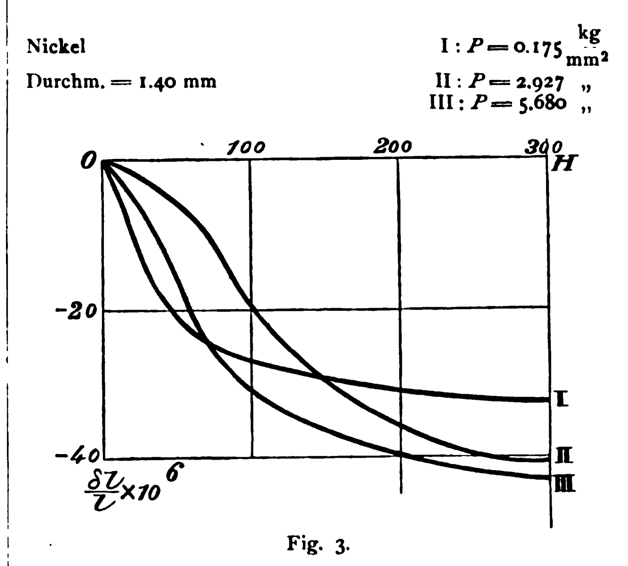


Fig. 3.



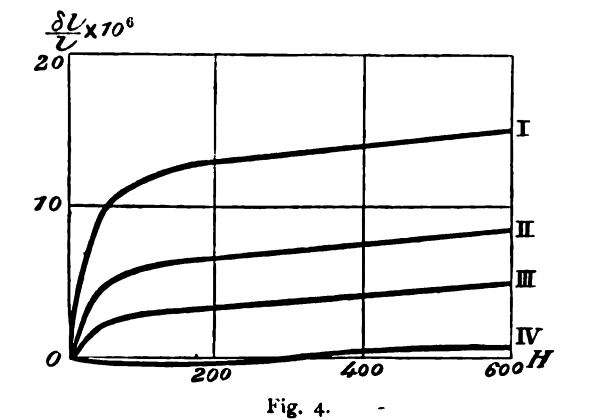


Fig. 4.

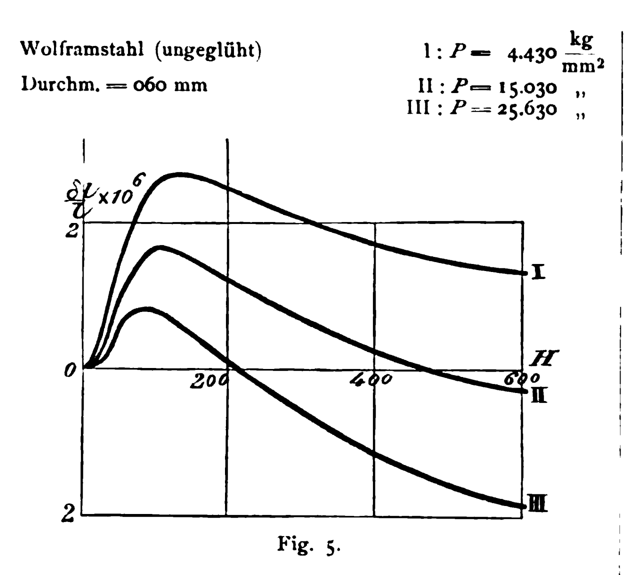


Fig. 5.

Bei weichem Eisen, Nickel und Nickelstahl ist also die Wirkung der Spannung auf die magnetische Längenveränderung sehr beträchtlich. Bei Wolframstahl ist die Wirkung nicht so bedeutend wie bei anderen Metallen. Dieser Einfluss der Spannung besteht in einer Verringerung der Längenausdehnung und einer Vergrösserung der Kontraktion bei weichem Eisen und Wolframstahl. Bei Nickel hingegen findet in schwachem Felde eine Verringerung und in starkem Felde eine Zunahme der Kontraktion statt. Bei Nickelstahl ist die Verminderung der magnetischen Längenausdehnung ganz besonders stark; eine Spannung von 1,5 kg pro Quadratmillimeter vermindert diese Dehnung bereits auf die Hälfte ihres Wertes ohne Spannung. Bei einer Spannung von 4,76 kg pro Quadratmillimeter findet zunächst eine Kontraktion und dann eine Dehnung des Drahtes statt, wenn das Magnetfeld allmählich zunimmt, so dass der Verlauf der Kurve der Kurve für die magnetische Längenveränderung des Kobalts ähnelt.

Kaiserliche Universität zu Tokyo, Japan.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 30. April 1902.)

Veränderung des Elastizitätskoeffizienten ferromagnetischer Substanzen infolge von Magnetisierung.

Von K. Honda, S. Shimizu u. S. Kusakabe.[1])

Man ist allgemein der Ansicht, dass Magnetisierung die Elastizität ferromagnetischer Substanzen nur in sehr geringem Masse beeinflusst. Unsere Versuche haben jedoch gezeigt, dass dies nicht immer der Fall ist, vor allem bei Nickel.

Zur Untersuchung der Elastizitätsveränderungen kam die Biegungsmethode zur Anwendung. Der ferromagnetische Stab (64 cm lang und 1 cm² im Querschnitt) wurde horizontal auf zwei 60 cm voneinander entfernte Unterlagen aufgelegt. Derselbe war von zwei gleichen Magnetisierungsrollen umgeben, deren Länge 40 cm betrug, derart, dass die Rollen zum Stabe koaxial und in Bezug auf dessen Mittelpunkt symmetrisch sassen. Die Rollen konnten auch unabhängig vom Stabe verschoben werden. Ihr innerer Durchmesser betrug 5,8 cm, während die Lücke in der Mitte 2,5 cm ausmachte, so dass dieselbe unsere Ergebnisse nicht erheblich beeinflussen konnte. Das Gewicht hing an der Mitte des Stabes, und die Depressionsveränderungen infolge von Magnetisierung wurden mit Hilfe einer Anordnung gemessen, wie sie ähnlich von Hertz als Dynamometer benutzt worden ist:

Von der Mitte des Stabes ging ein feiner, etwa 0,09 mm dicker Kupferdraht aus, der an den Stäben angelötet und dann mit Hilfe einer schwachen Feder, die an einem Stativ befestigt war, senkrecht nach oben gespannt war. Dieser Kupferdraht wurde einmal um einen Rotationscylinder gewickelt, an dem, ganz wie bei den Versuchen der vorhergehenden Mitteilung, ein Spiegel befestigt war. Die Rotation des Cylinders wurde vermittelst einer vertikalen Skala und eines Fernrohres beobachtet. Diese Anordnung ermöglichte es uns, eine nur $1,71 \times 10^{-6}$ cm betragende Durchbiegung zu messen.

Da der Widerstand beider Rollen zusammen nicht mehr als 3 Ohm ausmachte, wurde am Eisenkern keinerlei Erwärmung infolge des Magnetisierungsstromes beobachtet.

Einige Versuchsergebnisse sind in den folgenden Tabellen enthalten:

Weiches Eisen.

P	110 gr	610 gr	1130 gr	2650 gr
H	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$
30	2.80×10^{-2}	1.49×10^{-2}	1.10×10^{-2}	0.88×10^{-2}
80	3.32	1.91	1.46	1.27
150	3.39	1.93	1.50	1.32
250	3.40	1.93	1.50	1.33
400	3.40	1.95	1.50	1.33

Stahl.

P	1005 gr	1918 gr	2830 gr
H	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$
50	0.14×10^{-2}	0.15×10^{-2}	0.15×10^{-2}
150	0.25	0.30	0.28
300	0.28	0.37	0.35
500	0.31	0.42	0.40

1) Vorgetragen am 14. December 1901 in der Math.-phys. Gesellschaft zu Tokyo.

Wolframstahl.

P	110 gr	549 gr	1130 gr	1928 gr
H	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$
100	2.05×10^{-2}	2.02×10^{-2}	1.80×10^{-2}	1.64×10^{-2}
200	2.55	2.28	2.00	1.84
300	2.93	2.43	2.10	1.89
500	3.55	2.68	2.23	1.97

Kobalt.

P	1005 gr	2830 gr
H	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$
100	0.25×10^{-2}	0.08×10^{-2}
250	0.53	0.28
500	0.79	0.43

Nickel.

P	93 gr	276 gr	549 gr	820 gr
H	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$	$\frac{\delta E}{E}$
40	-2.60×10^{-2}	-1.82×10^{-2}	-1.15×10^{-2}	-0.95×10^{-2}
80	−4.04	1.23	−0.55	−0.16
150	−3.20	−0.20	+0.53	+1.19
300	−0.48	+1.48	+2.05	+2.52
500	+1.67	+2.67	+2.85	+3.62

Hierbei bedeutet P das angehängte Gewicht und H die effektive Feldstärke. E ist der Elastizitätskoeffizient im unmagnetischen Zustande und δE die von Magnetisierung herrührende Veränderung desselben. Bei der Berechnung von $\frac{\delta E}{E}$ wurde das Gewicht des ferromagnetischen Stabes selbst berücksichtigt und eine in der Elastizitätslehre von Clebsch gegebene Näherungsformel benutzt.

Die Elastizität dieser ferromagnetischen Substanzen wird also durch Magnetisierung stets gesteigert, mit Ausnahme von Nickel, und zwar nimmt ihr Betrag mit der Feldstärke analog der Abhängigkeit der magnetischen Intensität von der magnetisierenden Kraft zu. Bei Nickel nimmt die Elastizität in schwachen Feldern ab und in starken zu. In einem gegebenen Felde variiert die Elastizitätsänderung beträchtlich mit dem wirkenden Zuge, besonders wenn derselbe klein ist. Im allgemeinen ist sie gross bei kleiner Belastung und nimmt ab, wenn diese zunimmt, bis sie sich einem asymptotischen Werte nähert. Diese Elastizitätsveränderungen sind im übrigen von der Richtung der magnetisierenden Kraft unabhängig.

Für weiches Eisen, Wolframstahl und Nickel ist die Elastizitätsänderung keineswegs unbedeutend; für die beiden anderen Metalle ist sie hingegen verhältnismässig klein.

Kaiserliche Universität zu Tokyo, Japan.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 30. April 1902.)

Änderung des Torsionsmoduls ferromagnetischer Substanzen infolge von Magnetisierung.

Von K. Honda, S. Shimizu u. S. Kusakabe.[1]

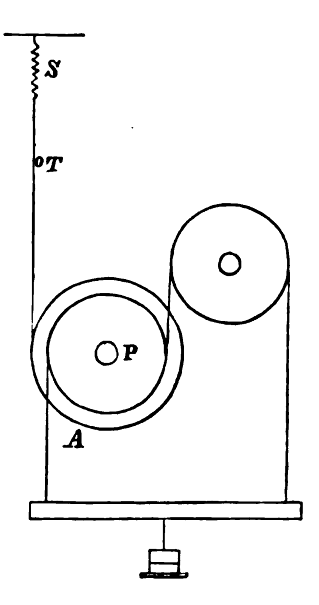
Vor zwei Monaten haben wir in der Monatssitzung unserer Gesellschaft das Ergebnis unserer Versuche über Veränderungen des Elastizitätsmoduls ferromagnetischer Substanzen im Magnetfelde vorgetragen.[2] Vorliegender Versuch hat die Änderung des Torsionsmoduls infolge von Magnetisierung zum Gegenstand. Dieser Untersuchung kommt insofern besondere Bedeutung zu, als die Änderungen der Torsionselastizität unter dem Einfluss magnetischer Kräfte zu denen der Magnetisierung infolge von Torsion im Wechselverhältnis stehen.

Zur Verwendung kam bei vorliegendem Versuch die gewöhnliche Methode der Torsion (Drehung) eines Stabes unter der Einwirkung eines Kräftepaares. In unserem Falle wurde die Empfindlichkeit des zur Messung des Torsionswinkels dienenden Apparates etwa auf das 106 fache gesteigert. Dies wurde auf folgendem Wege erzielt.

Wie die beigefügte Figur lehrt, wurde die Winkelrotation des Versuchsobjektes zunächst in eine geradlinige Verrückung verwandelt, und zwar mit Hilfe eines Doppelrades P, das senkrecht an den Versuchsstab geklemmt war, und

1) Vorgetragen am 8. Februar 1902 in der Math.-phys. Gesellschaft zu Tokyo.

2) Vergl. die vorangehende Mitteilung.



eines sehr dünnen Drahtes, der im Punkte A am äusseren Umfang des Rades befestigt und vermittelst einer schwachen Feder s senkrecht nach oben gespannt war. Die geradlinige Verrückung wurde ihrerseits wieder in eine Rotation verwandelt mit Hilfe eines rotierenden Cylinders T, wie derselbe in den beiden vorhergehenden Mitteilungen beschrieben ist. Wenn R und r bezw. die Radien von Rad und Cylinder vorstellen, so wurde die Empfindlichkeit auf das R/r-fache gesteigert. Mit Hilfe dieser Anordnung waren wir im stande, kleine Torsionsveränderungen im Betrage von nur $1,9'' \times 10^{-3}$ pro cm an unseren Versuchsobjekten zu messen.

Die untersuchten Probestücke hatten folgende Dimensionen:

Metalle	Weiches Eisen	Wolfram-Stahl	Nickel	Kobalt
Länge . .	22.00 cm	22.00 cm	22.00 cm	22.00 cm
Breite. . .	0.903	0.948	Durchm.	Durchm
Dicke . .	0.901	0.953	= 1.117	= 1.082

Die Versuchsergebnisse sind in folgender Tabelle enthalten:

Weiches Eisen.

H	20	60	100	200	400	600	800
$\frac{\delta K}{K}$	0.0019	0.0058	0.0076	0.0096	0.0110	0.0118	0.0122

Wolfram-Stahl.

H	20	60	100	200	400	600	800
$\frac{\delta K}{K}$	0.0015	0.0073	0.0085	0.0098	0.0110	0.0116	0.0122

Nickel.

H	20	40	80	100	200	400	800
$\frac{\delta K}{K}$	-0.0096	-0.0168	-0067	0.0012	0.0263	0.0532	0.0748

Kobalt.

H	100	200	400	600	800
$\frac{\delta K}{K}$	0.0005	0.0012	0.0021	0.0028	0.0031

Hierbei bezeichnet H die Effektivstärke des Feldes und K den Torsionsmodul des Ferromagnetismus. Bei Eisen, Stahl und Kobalt wächst dieser Modul stets mit der Magnetisierung, und zwar entsprechend der Abhängigkeit der Magnetisierungsintensität von der magnetisierenden Kraft. Bei Nickel nimmt der Torsionsmodul hingegen für schwache Felder ab und für starke zu, und zwar machen die Veränderungen für starke Felder erhebliche Beträge aus. Diese Veränderungen des Moduls sind im übrigen unabhängig von der Richtung der magnetisierenden Kraft, und ebenso von der Stärke des an dem Stabe wirkenden Kräftepaares.

Es geht also die Veränderung des Torsionsmoduls parallel mit der für den Elastizitätskoeffizienten beobachteten. Auf einen sehr bemerkenswerten Unterschied möchten wir jedoch hinweisen, dass nämlich die Änderung des Torsionsmoduls von dem wirksamen Kräftepaar so gut wie unabhängig ist, während die des Elastizitätskoeffizienten sich in hohem Grade vom wirkenden Zuge abhängig zeigt, besonders für kleine Werte desselben.

Bekanntlich nimmt die Magnetisierung des Eisens infolge von Torsion ab, während man durch Tordieren von Nickeldraht die Magnetisierung in schwachen Feldern verstärkt und in starken Feldern vermindert. Diese Resultate stehen zu den unsrigen im Reziprozitätsverhältnis.

Kaiserliche Universität zu Tokyo, Japan.

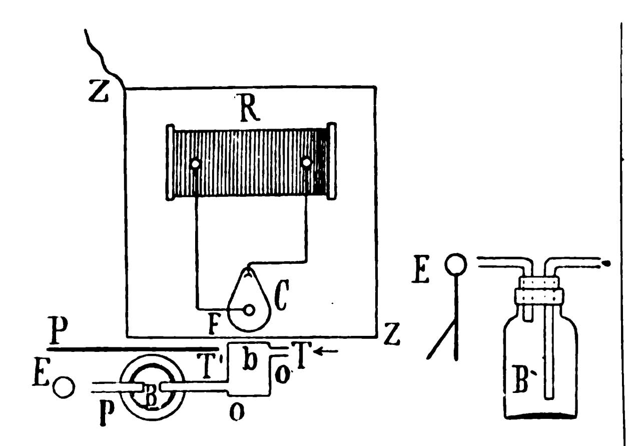
(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 30. April 1902.)

Über eine Eigentümlichkeit, welche Dämpfen durch X-Luft mitgeteilt wird.

Von F. Campanile und G. di Ciommo.

Es ist unsere Absicht, in folgendem zu untersuchen, ob die durchstrahlte Luft beim Streichen über eine flüchtige Flüssigkeit, mit deren Dämpfen sie sich mischt, irgend welche Veränderung in ihrem Entladungsvermögen erleidet. Zu diesem Zweck erzeugen wir die X-Strahlen durch eine birnförmige Crookessche Röhre C, die mit einer Induktionsspule R in einem Zinkkasten ZZ liegt, welcher mit der Erde verbunden ist. In einer Wand des Kastens befindet sich ein rundes, durch ein dünnes Aluminiumplättchen geschlossenes Loch F. In der Nähe dieses Plättchens steht das ebenfalls mit einer Aluminiumplatte verschlossene Fenster o eines Messingcylinders OO, der mit zwei Röhrenleitungen, T und T^1 versehen ist; durch Röhre T wird die Luft mit einem Blasebalg hindurch getrieben, nachdem sie einen grossen Chlorcalcium-Trockner und eine Vorlage mit hydrophiler Watte passiert hat. Eine geringe Quantität der Flüssigkeit befindet sich in einer Flasche B, in deren zweimal durchbohrtem Stopfen zwei Glasröhren stecken; die längere ist mit der Röhre T^1 verbunden und endigt innerhalb der Flasche nicht weit von der Flüssigkeit; die kürzere



Röhre endet aussen in geringer Entfernung von der Kugel eines Goldblatt-Elektroskops.

Um die Dämpfe nicht der direkten Einwirkung der X-Strahlen auszusetzen, hatten wir die Flasche mit einer dichten Bleiplattenhülle umgeben; den gleichen Schutz wählten wir für das Goldblatt-Elektroskop. Um die Messung bequem und schnell zu ermöglichen, nahmen wir zwei einander völlig gleiche Flaschen, die man mit demselben Stopfen, versehen mit denselben Röhren — für Eintritt und Austritt der X-durchstrahlten Luft —, schliessen kann. In die eine Flasche kommt die nichtflüchtige Flüssigkeit (Glycerin) zum Vergleich, in die andere die zu untersuchende flüchtige Flüssigkeit.

Um uns zu versichern, dass die Luft in beiden Fällen dieselbe Reibung und infolge davon die gleichen Veränderungen ihres Entladungsvermögens[1]) erfährt, tauschten wir die Flaschen und fanden, dass das Entladungsvermögen der X-durchstrahlten Luft das gleiche ist, wenn sich keinerlei Flüssigkeit in den Flaschen befindet. Bei der hierfür passenden Anordnung der verschiedenen Versuchsapparate wird die durch die Röhre T geblasene Luft in OO X-durchstrahlt; sie geht nun in die Flasche und bewirkt die Verdampfung der Flüssigkeit, indem sie sich mit ihren Dämpfen mischt; diese Mischung wird nun gegen die Kugel des Elektroskops getrieben. Die Entladung wird durch ein Fernrohr mit Mikrometer beobachtet; man bestimmt die Zeit des Niedersinkens des Goldblatts für eine bestimmte Anzahl von Teilstrichen des Mikrometers. Bei diesen Untersuchungen wurden die Entladungsdauern, die das Passieren der X-durchstrahlten Luft über einer flüchtigen Flüssigkeit hervorruft, denjenigen, die es über einer nichtflüchtigen erzeugt, zum Vergleich gegenüber gestellt. Aus den folgenden Resultaten kann man keine strenge Gegenüberstellung zwischen der Wirksamkeit der verschiedenen flüchtigen Flüssigkeiten entnehmen, da die Untersuchungen mit den betreffenden Flüssigkeiten an verschiedenen Tagen stattgefunden haben und folglich in verschiedener Weise durch die spontane Entladung beeinflusst worden sind, die sich von einem zum andern Tag durch die atmosphärischen Bedingungen ändert.

Untersuchte Flüssigkeiten	Entladungszeiten von 3 Teilstrichen: Entladung des Elektroskops		Unterschiede für die Entladungen	
	positiv	negativ	positiv	negativ
Glycerin . . .	121'.5	133''.5	33''.5	36''.5
Alkohol . . .	88.0	97''.0		
Glycerin . . .	121.5	129'.7	14''.5	17''.7
Wasser . . .	107.0	112''.0		
Glycerin . . .	109''.0	109''.0	19''.0	14''.0
Benzin	90''.0	95''.0		
Glycerin . . .	185''.8(?)	149''.6	84''.5	40''.6
Chloroform .	101''.0	109''.0		
Glycerin . . .	105''.7	113''.0	17''.2	21''.0
Schwefelkohlenstoff	88''.5	92''.0		
Glycerin . . .	132''.0	111''.5	35''.0	30''.5
Terpentin . .	97''.0	81''.0		
Glycerin . . .	370''.0	285''.0	39''.8	42''.0
Petroleum . .	330''.0	243''.0		

Schlussfolgerungen: Aus obigen Resultaten kann man den Schluss ziehen, dass sich die entladende Wirkung der X-durchstrahlten Luft steigert, wenn dieselbe über eine flüchtige Flüssigkeit streicht, deren Verdampfung sie bestimmt, und mit deren Dämpfen sie sich mischt. Die Erscheinung kann nicht auf eine Ladung zurückgeführt werden, welche die X-durchstrahlte Luft unter der Einwirkung einer Reibung[1]) annehmen kann, weil sie mit fast gleicher Intensität auch bei veränderter Ladung des Elektroskops besteht.

Der alleinigen Gegenwart des Dampfes darf man die Erscheinung nicht zuschreiben; bläst man nämlich gewöhnliche Luft ins Innere der Flaschen (bei inaktiver Spule), so ist die Entladung mit verdampfender oder nichtverdampfender Flüssigkeit dieselbe.

Schliesslich kann die Erscheinung nicht mit dem Reibungsunterschied erklärt werden, welchem der Luftstrom begegnet, wenn er auf das Glycerin stösst; hatten wir in die betreffenden beiden Flaschen eine kleine Menge Glycerin resp. Alkohol gegossen, so dass der mittlere Teil jedes Flaschenbodens freiblieb, so blieben die Entladungen verschieden, obwohl der Luftstrom in beiden Gefässen aufs Glas und nicht

1) E. Villari, Come l'aria ixata etc. Rend. R. Acc. dei Lincei, Roma, 5, 9, 1. Sem. 1900.

1) E. Villari, Come l'aria ixata svolge etc. Rend. R. Acc. dei Lincei, Roma, 5, 9, 2. Sem. 1900.

auf die Flüssigkeiten stiess, wie man aus folgenden Resultaten sieht:

Glycerin-Entladungszeit von 3 Teilstrichen 149″
Alkohol- „ „ 3 „ 114″

Hieraus ergiebt sich, dass die grössere Wirksamkeit der X-durchstrahlten Luft, wenn dieselbe die Verdampfung einer flüchtigen Flüssigkeit bestimmt und sich mit den erzeugten Dämpfen mischt, einer Eigentümlichkeit zuzuschreiben ist, die sie unter diesen Bedingungen durch die Dämpfe gewinnt und die sich vielleicht folgendermassen erklären lässt:

1. indem man eine höhere Leitungsfähigkeit in den erzeugten und mit der X-durchstrahlten Luft gemischten Dämpfen annimmt;

2. indem man annimmt, dass diese Dämpfe, im Gegensatz zu den von der gewöhnlichen Luft erzeugten, ionisiert sind.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 19. April 1902.)

Über die Entladungen eines Kondensators durch zwei parallel geschaltete Drähte.

Von A. Garbasso.

Eine Kapazität C, deren Ladung q (zur Zeit t) ist, wird durch zwei Drähte zur Erde abgeleitet. Es seien i_1, i_2, W_1, W_2, L_1 und L_2 die Ströme, resp. die Widerstände und die Induktionen der Leiter, dann lauten die Gleichungen des Problems (bei Vernachlässigung der gegenseitigen Induktion):

$$\frac{q}{C} = W_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt},$$

$$\frac{q}{C} = W_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt},$$

oder, was dasselbe ist:

$$l_1 q = w_1 i_1 + \frac{di_1}{dt},$$

$$l_2 q = w_2 i_2 + \frac{di_2}{dt},$$

wo, der Kürze halber, die Definitionen:

$$l_1 = \frac{1}{C L_1}, \quad w_1 = \frac{W_1}{L_1},$$

$$l_2 = \frac{1}{C L_2}, \quad w_2 = \frac{W_2}{L_2},$$

eingeführt worden sind.

Jetzt wollen wir, symbolisch:

$$\frac{d}{dt} = D$$

setzen, also:

$$(*) \quad \begin{cases} \dfrac{l_1}{w_1 + D} q = i_1, \\ \dfrac{l_2}{w_2 + D} q = i_2. \end{cases}$$

Es ist aber:

$$i_1 + i_2 = -Dq,$$

und folglich, beim Addieren der Gleichungen (*):

$$\left(\frac{l_1}{w_1 + D} + \frac{l_2}{w_2 + D}\right) q + Dq = 0,$$

d. h.:

$$(1) \quad D^3 q + (w_1 + w_2) D^2 q + (l_1 + l_2 + w_1 w_2) D q + (l_1 w_2 + l_2 w_1) q = 0.$$

Wäre die Entladung durch einen einzigen Draht geleitet, so hätte man bekanntlich:

$$\frac{l}{w + D} q = i,$$

$$i = -Dq,$$

zu setzen; und hierdurch würde bei Elimination der Stromintensität:

$$\frac{l}{w + D} q + Dq = 0,$$

d. h.:

$$(2) \quad D^2 q + w D q + l q = 0, \text{ folgen.}$$

Es ist also im allgemeinen nicht möglich, das Zweileitersystem durch einen einzigen Draht in der Weise zu ersetzen, dass q durch ebendieselbe Funktion der Zeit bestimmt werde.

Die Lösung von (1) ist nun:

$$(3) \quad q = A e^{at} + B e^{bt} + C e^{ct}.$$

Hier sind A, B und C aus den Anfangsbedingungen, a, b und c aber als Wurzeln der charakteristischen Gleichung:

$$(4) \quad D^3 + (w_1 + w_2) D^2 + (l_1 + l_2 + w_1 w_2) D + l_1 w_2 + l_2 w_1 = 0$$

abzuleiten.

Aus dem Werte (3) des elektrischen Quantums bestimmen sich jetzt die Ströme zu:

$$(5) \quad \begin{cases} i_1 = l_1 \left(\dfrac{A}{a + w_1} e^{at} + \dfrac{B}{b + w_1} e^{bt} + \dfrac{C}{c + w_1} e^{ct}\right), \\ i_2 = l_2 \left(\dfrac{A}{a + w_2} e^{at} + \dfrac{B}{b + w_2} e^{bt} + \dfrac{C}{c + w_2} e^{ct}\right). \end{cases}$$

Als Anfangsbedingungen dürfen wir annehmen, dass:

$$q = q_0,$$

$$i_1 = i_2 = 0,$$

also:

$$A + B + C = q_0,$$

$$\frac{A}{a + w_1} + \frac{B}{b + w_1} + \frac{C}{c + w_1} = 0,$$

$$\frac{A}{a + w_2} + \frac{B}{b + w_2} + \frac{C}{c + w_2} = 0,$$

zur Zeit Null sei.

Es sind die letzten drei Gleichungen für A, B und C, durch deren Auslösung:

$$(6) \quad \begin{cases} A = \dfrac{q_0}{\Delta} (c - b)(a + w_1)(a + w_2), \\ B = \dfrac{q_0}{\Delta} (a - c)(b + w_1)(b + w_2), \\ C = \dfrac{q_0}{\Delta} (b - a)(c + w_1)(c + w_2), \\ \Delta = a^2 (c - b) + b^2 (a - c) + c^2 (b - a), \end{cases}$$

zu erhalten ist.

Was die Wurzeln der charakteristischen Gleichung betrifft, so kann man leicht beweisen, dass:

1. wenn sie reell sind, sie zugleich negative Grössen sind;

2. wenn sie imaginär sind, ihr reeller Teil ebenfalls negativ ist;

3. wenn die Gleichung (4) wirklich dritten Grades ist, mindestens eine Wurzel (sagen wir c) eine reelle ist;

4. wenn w_1^2, w_2^2 und w_1, w_2 kleine Grössen gegen l_1 und l_2 sind, zwei Wurzeln gewiss imaginär sind (wir wollen sie im folgenden a und b nennen). Die Bedingung ist eine hinreichende, doch keine unentbehrliche.

Indem man von den Eigenschaften 1) und 2) Gebrauch macht, werden die elektrischen Quanta q_1 und q_2, welche von $t = 0$ bis $t = \infty$ die Leiter durchsetzen, leicht bestimmt.

Man findet nämlich:

$$(7)\quad \begin{cases} q_1 = -l_1 \left[\dfrac{A}{a(a+w_1)} + \dfrac{B}{b(b+w_1)} + \dfrac{C}{c(c+w_1)}\right], \\ q_2 = -l_2 \left[\dfrac{A}{a(a+w_2)} + \dfrac{B}{b(b+w_2)} + \dfrac{C}{c(c+w_2)}\right], \end{cases}$$

und folglich, bei Benutzung der Gleichungen (6):

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{l_1}{l_2} \, \frac{bc(c-b)(a+w_2) + ca(a-c)(b+w_2) + ab(b-a)(c+w_2)}{bc(c-b)(a+w_1) + ca(a-c)(b+w_1) + ab(b-a)(c+w_1)} = \frac{l_1}{l_2}\,\frac{w_2}{w_1},$$

d. h.:

$$(8)\quad \frac{q_1}{q_2} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Es stehen also immer die Quanta q_1 und q_2 im umgekehrten Verhältnis der Widerstände.

Sind zwei Wurzeln der Gleichung (4) imaginär, so darf man:

$$a = -\alpha + \beta i,\quad b = -\alpha - \beta i,\quad c = -\gamma$$

setzen, wo α, β und γ als positive und reelle Grössen zu betrachten sind.

Dann wird der Wert von q zu:

$$(3')\quad q = A' e^{-\alpha t} \sin \beta t + B' e^{-\alpha t} \cos \beta t + C e^{-\gamma t},$$

ebenfalls erhält man:

$$(5')\quad \begin{cases} i_1 = l_1 \left(A_1 e^{-\alpha t} \sin \beta t + B_1 e^{-\alpha t} \cos \beta t + \dfrac{C}{w_1 - \gamma} e^{-\gamma t}\right), \\ i_2 = l_1 \left(A_2 e^{-\alpha t} \sin \beta t + B_2 e^{-\alpha t} \cos \beta t + \dfrac{C}{w_2 - \gamma} e^{-\gamma t}\right), \end{cases}$$

darin sind A', B', A_1, B_1, A_2 und B_2 leicht durch α, β, γ, w_1 und w_2 zu berechnen.

Es folgt aus (5'), dass, im vorliegenden Falle, jeder Strom als von zwei Gliedern zusammengesetzt betrachtet werden kann, deren das erste alternativ, das zweite aber kontinuierlich ist.

Nimmt man weiter an, dass w_2 gross gegen w_1, und w_2^2 gross gegen l_2 ist, und schreibt dabei l_1 und l_2 dieselbe Grössenordnung zu, so wird γ durch die einfache Gleichung:

$$\gamma = w_2 \left(1 - \frac{l_2}{w_2^2}\right),$$

bestimmt.

Wenn also aus den Leitern der eine ziemlich dick, der andere aber sehr dünn ist, so hat gerade im letzten der kontinuierliche Strom den grössten Wert.[1])

Ausnahmsweise kann:

$$w_1 = w_2 = w,$$

d. h.:

$$\frac{W_1}{L_1} = \frac{W_2}{L_2}$$

sein, dann formt sich die Gleichung (1) um je:

$$D^2 q + w D q + (l_1 + l_2) q = 0;$$

diese stimmt aber mit (2) der Form nach überein. In diesem Falle ist also das Leitersystem durch einen einzigen Draht zu ersetzen.

Die Zahlenergebnisse der vorliegenden Theorie stimmen mit den experimentellen Ergebnissen von Cardani vorzüglich überein.

1) Eine experimentelle Bestätigung dieser theoretischen Folgerung findet sich in einer älteren Arbeit von mir: „Alcune esperienze su la scarica dei condensatori" (Atti R. Acc. delle Scienze di Torino, **33**, 1898).

(Eingegangen 3. Mai 1902.)

Magnetisohe Ablenkbarkeit dor Strahlen von radioaktiven Substanzen.

Von E. Rutherford und S. G. Grier.[1])

Die Versuche von Giesel[2]), Becquerel, Curie, Meyer und Schweidler haben ergeben, dass das Radium Strahlen aussendet, welche von einem Magneten abgelenkt werden.

Becquerel hat ferner nachgewiesen, dass Uran und die durch Radiumstrahlung aktivierten Substanzen ebenfalls magnetisch ablenkbare Strahlen aussenden. Becquerel benutzte die photographische Methode, um die Ablenkbarkeit festzustellen, während Curie, Meyer und Schweidler die elektrische Methode zu diesem Zwecke anwandten.

Die Resultate von Becquerel, Dorn und Curie ergaben, dass die ablenkbaren Strahlen in jeder Hinsicht Kathodenstrahlen von grosser

1) Der Amerikanischen Physikal. Gesellsch. mitgeteilt am 21. April 1902.

2) Siehe Bericht über Radioaktivität von Becquerel und Curie. Congrès international de Physique. 1900. Tome III.

Geschwindigkeit ähnlich sind. Sie werden durch ein Magnet- und elektrisches Feld abgelenkt und tragen eine negative elektrische Ladung mit sich. Becquerel fand ferner, dass einige dieser „Elektronen" von Radium mit einer Geschwindigkeit sich fortpflanzen, die mehr als halb so gross als die Lichtgeschwindigkeit ist. Kaufmann hat sogar für die vom Radium ausgesandten Elektronen noch grössere Geschwindigkeiten beobachtet.

Die Verf. haben nun gefunden, dass ausser Radium und Uran auch Thorverbindungen und die durch Thorverbindungen erregten radioaktiven Substanzen magnetisch ablenkbare Strahlen aussenden.

Der Hauptzweck der vorliegenden Abhandlung war, den Zusammenhang zwischen den ablenkbaren und den nicht ablenkbaren Strahlen festzustellen.

Bekanntlich erregen Kathodenstrahlen, welche auf feste Körper treffen, Röntgenstrahlen, die ihrerseits beim Auftreffen eine sekundäre Strahlung hervorrufen, die zum Teil aus den Kathodenstrahlen ähnlichen Strahlen bestehen.

Es erscheint daher nicht ausgeschlossen, wie Becquerel vermutet hat, dass die nicht ablenkbaren Strahlen ihre Entstehung der Einwirkung der ablenkbaren Strahlen verdanken. Eine ähnliche Hypothese ist von einem von uns ebenfalls ausgesprochen worden (Phil. Mag. Jan. 1899), um die Verschiedenheit der zwei Arten von Uranstrahlen zu erklären, von denen die eine feste Körper viel leichter durchdringt, als die andere. Die Beziehung zwischen beiden ist jedoch viel komplizierter, als man nach der Analogie erwarten sollte. Die Besprechung dieser Frage mit besonderer Berücksichtigung der bei der Zerlegung der Uran- und Thorpräparate in stark und weniger aktive Bestandteile erhaltenen Resultate befindet sich am Ende dieser Abhandlung.

Bei diesen Versuchen wurde die elektrische Methode ausschliesslich benutzt. Sie besitzt vor der photographischen viele Vorzüge, besonders deswegen, weil sie quantitative Ergebnisse liefert und rasche Messungen auszuführen erlaubt.

Fig. 1 zeigt die Versuchsanordnung.

Die zu untersuchende radioaktive Substanz wurde gleichmässig auf den Boden des flachen Papierkästchens ausgebreitet; das letztere passte in einen Bleikasten (3 cm breit und 2 cm tief). Das Papierkästchen ruhte auf einem Drahtgeflecht 1 cm vom Boden des Bleikastens. Mittels einer Wasserstrahlpumpe wurde ein gleichmässiger Luftstrom durch den Apparat gesaugt. Derselbe riss die vom Thor und Radium ausgehende radioaktive „Strahlung" mit sich fort. Der Bleikasten befand sich zwischen den 3,2 cm² grossen Polen eines Elektromag-

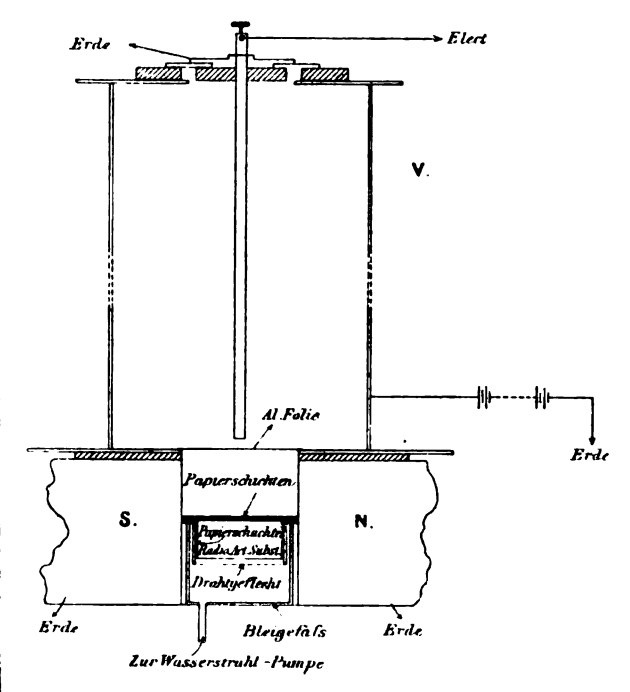


Fig. 1.

neten N. S, welche gewöhnlich 3,2 cm voneinander entfernt waren.

Der zur Messung der Strahlung dienende Apparat *V* war ein rechtwinkliges Zinkgefäss, 10,5 cm² breit und 30 cm hoch. Die Aussenseite war mit dem einen Pol einer Batterie von 100 Volt verbunden. Ein Messingstab, welcher zum Elektrometer führte, bildete die andere Elektrode. Ein mit der Erde verbundener Schutzring sicherte die innere Elektrode gegen mangelhafte Isolation, so dass keine Elektrizität von dem geladenen Cylinder nach der inneren Elektrode überfliessen konnte.

Der Apparat *V* wurde auf eine isolierte Metallplatte gestellt, welche in der Mitte ein 3,2 cm² breites Loch gerade oberhalb des Papierkästchens enthielt. Das Loch wurde mit Aluminiumfolie (0,00034 cm dick) bedeckt.

Besondere Vorsichtsmassregeln wurden ergriffen, um das Elektrometer und die Verbindungen vor elektrostatischen Einflüssen zu schützen.

Leicht gelingt es, mit diesem Apparate die magnetische Ablenkbarkeit der Radiumstrahlen mit einem gewöhnlichen Elektrometer nachzuweisen, da die ionisierende Kraft der Radiumstrahlen sehr gross ist.

Da die durch Uran und Thor erregte Ionisation sehr klein ist, so musste ein besonders empfindliches Elektrometer angewandt werden. Das von dem einen von uns beschriebene Dolezalek-Elektrometer[1]) erwies sich für diesen Zweck als hinreichend empfindlich.

1) Diese Ztschr. 3, 225, 1902.

Alle radioaktiven Substanzen senden ablenkbare und nichtablenkbare Strahlen aus; im allgemeinen ist die ionisierende Kraft der letzteren viel grösser als die der ersteren. Ein starkes Magnetfeld ändert infolgedessen den am Elektrometer beobachteten Ionenstrom nur wenig. Die nichtablenkbaren Strahlen können jedoch völlig durch zwei oder mehr Papierschichten absorbiert werden, während die ablenkbaren beinahe, ohne geschwächt zu werden, hindurchgehen.

Die ablenkbaren Strahlen bestehen aus schnell sich bewegenden Elektronen, welche die Luft bei den Zusammenstössen mit den Molekülen ionisieren. Sie sind so durchdringend, dass sie wahrscheinlich mehr als 1 m Luft durchsetzen, bevor die ionisierende Kraft auf die Hälfte fällt.

Wenn ein starkes magnetisches Feld erregt wird, so ist die Bahn der Strahlen gekrümmt, so dass nur ein Bruchteil der Strahlen in den Apparat V eintritt.

Im allgemeinen wurde ein Magnetfeld von 2200 C. G. S.-Einheiten angewandt. Dasselbe verminderte den Ionisationsstrom im Prüfungsapparate V bis auf ungefähr 20 Proz. seines Anfangswertes. Bei Zunahme des Magnetfeldes nahm der Strom stetig ab, woraus hervorgeht, dass wir es hierbei hauptsächlich mit ablenkbaren Strahlen zu thun haben. Die Differenz der beiden Ströme, welche einmal mit Magnetfeld, das andere Mal ohne solches gefunden wurde, gab den Betrag an ablenkbaren Strahlen.

Änderung des Betrags an ablenkbaren Strahlen mit der Dicke der radioaktiven Schicht. Verschiedene Mengen der radioaktiven Substanz wurden auf einer Fläche von ungefähr 9 cm² ausgebreitet. Vier Papierblätter absorbierten vollständig die nichtablenkbare Strahlung.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate für Uran und Radium. Der Betrag an ablenkbaren Strahlen wird durch Teilstriche der Elektrometerskala pro Sekunde angegeben und stellt die Differenz zwischen dem Ionisationsstrome mit und ohne Magneten dar.

Uranoxyd		Radiumchlorid	
Gewicht	Teilstr. pro Sek.	Gewicht	Teilstr. pro Sek.
25 gr	47	25 gr	1,5
50 „	90	5 „	2,9
1 „	1,26	1 „	5,5
2 „	1,70	1,55 „	6,7
5 „	1,96		

Bei den Versuchen mit Radium wurde eine Kapazität von 0,005 Mikrofarad parallel zu dem Elektrometer geschaltet.

Die mit Uran erhaltenen Resultate stehen in Einklang mit der Anschauung, dass jeder Teil der Substanz gleichmässig Elektronen aussendet. Die Zahl der entweichenden Elektronen ist anfangs proportional der Schichtdicke, nähert sich aber einem Maximum, da die aus den tieferen Schichten stammenden Elektronen absorbiert werden, bevor sie die Oberfläche erreichen.

Das Radium scheint sich ähnlich zu verhalten, leider waren wir aber nicht im Besitz genügender Mengen, um den Einfluss dickerer Schichten zu untersuchen. Die ablenkbare Strahlung vom Radium (von P. de Haën in Hannover) war 250 mal intensiver als die von Uranoxyd.

5 gr Thoroxyd sandten nur ungefähr $^1/_5$ des Betrages an ablenkbaren Strahlen aus im Vergleich mit dem gleichen Gewicht von Uranoxyd.

Durchdringungsvermögen der Strahlen. Durch Ermittelung der Abnahme der Wirkung des Magneten, wenn verschieden dicke Schichten der radioaktiven Substanzen mit dünner Aluminium- oder Zinnfolie bedeckt waren, wurde das Durchdringungsvermögen der ablenkbaren Strahlen bestimmt.

Nimmt die Wirkung des Magneten in geometrischer Reihe mit der Dicke der Metallschichten ab, so kann man annehmen, dass die Strahlen im grossen und ganzen homogen sind. Ist die Absorption grösser für die ersten Schichten als für die folgenden, so sind die Strahlen komplex, d. h. die Strahlen bestehen aus Strömen von Elektronen, die sich voneinander in Bezug auf Geschwindigkeit und infolgedessen auch in Bezug auf Durchdringungsvermögen unterscheiden.

Es ergab sich:

1. die Uranstrahlen sind nahezu homogen; dasselbe gilt für die durch Thor erregte Radioaktivität.

2. Thor und Radium senden sehr verschiedenartige Strahlen aus. Dies Ergebnis ist bereits von Becquerel nach der photographischen Methode gefunden worden.

3. Radium und Thor und die durch beide erregte Radioaktivität senden einige ablenkbare Strahlen von ungefähr demselben Durchdringungsvermögen wie die Uranstrahlen aus. Die Uranstrahlen müssen 0,5 mm dicke Aluminiumschichten durchdringen, bevor ihre Intensität auf die Hälfte abnimmt.

Vergleich des Betrages an Ionisation, welche durch ablenkbare und nichtablenkbare Strahlen hervorgerufen wird. Im Jahre 1899 zeigte der eine von uns[1]), dass Uran zwei Arten von Strahlen aussendet, welche der Bequemlichkeit halber als α- und β-Strahlen bezeichnet wurden. Die β-Strahlen vermochten alle Substanzen weit besser zu durchdringen als die α-Strahlen. Nach der

1) E. Rutherford, Phil. Mag. Jan. 1899.

elektrischen Methode konnten wir jetzt nachweisen, dass die β-Strahlung ganz aus ablenkbaren Strahlen von grossem Durchdringungsvermögen besteht.

Der Bequemlichkeit halber wollen wir alle nichtablenkbare Strahlen aller radioaktiven Substanzen als α-Strahlen und die nichtablenkbaren als β-Strahlen bezeichnen.

Der Apparat Fig. 1 eignet sich nicht gut für einen direkten Vergleich der ionisierenden Kraft der beiden Strahlen. Da jedoch die α-Strahlen in allen Fällen leicht absorbiert werden und wir weiter gefunden haben, dass der grössere Teil der Strahlen mit grossem Durchdringungsvermögen von Uran, Thor und Radium magnetisch ablenkbar ist, so kann eine einfache indirekte Methode angewandt werden.

Es wurde der Ionisationsstrom zwischen zwei grossen parallelen, auf ein hohes Potential geladenen Metallplatten bestimmt

1. mit der unbedeckten radioaktiven Substanz,
2. mit einer die radioaktive Substanz bedeckenden Metallschicht, die ausreichte, um alle nichtablenkbaren Strahlen zu absorbieren.

Bei 1. haben wir die Wirkung der α- und β-Strahlen und bei 2. nur die der β-Strahlen allein.

Da der Betrag an α-Strahlen sich einem Maximalwerte bei einer sehr dünnen Schicht der radioaktiven Substanz nähert, so vergleicht man am besten die ionisierenden Wirkungen der beiden Strahlenarten, indem man eine sehr dünne Schicht anwendet.

Bei dem benutzten Apparat wurde ungefähr $^1/_{10}$ gr der fein gepulverten radioaktiven Substanz gleichmässig über eine Fläche von 80 cm^2 ausgebreitet. Die Entfernung zwischen den auf eine Potentialdifferenz von 300 Volt geladenen Platten betrug 5,7 cm.

Die Ergebnisse früherer Versuche zeigten, dass die von Uran, Thor und Radium ausgehenden α-Strahlen beinahe vollständig beim Durchgang durch eine 5 cm dicke Luftschicht absorbiert werden, so dass der mit der unbedeckten Substanz erhaltene Strom ein Mass für die Gesamtzahl der durch die α-Strahlen erzeugten Ionen gab, denen nur ein geringer Bruchteil von durch β-Strahlen hervorgerufenen Ionen beigemischt war.

0,009 cm dicke Aluminiumfolie absorbierte die α-Strahlen vollständig. Die folgende Tabelle stellt die quantitative Beziehung zwischen der ionisierenden Kraft der α- und β-Strahlen unter den erwähnten Versuchsbedingungen dar:

	Totale Ionisation α-Strahlen	Ionisation β-Strahlen	Verhältnis β/α
Uran . . .	1	1	0,0074
Thor . . .	1	0,27	0,0020
Radium . .	2000	1350	0,0033

In dieser Tabelle ist die durch die α- und β-Strahlen des Urans erregte Ionisation gleich 1 gesetzt, um den Vergleich durchführen zu können. Die dritte Kolumne enthält das Verhältnis von β zu α für gleiche Gewichtsmengen.

Die Ergebnisse sind nur angenähert richtig, da die ionisierende Kraft der α-Strahlen bei gegebener Substanzmenge von der Verteilung abhängt.

Das Verhältnis der Ionisation β/α ist am grössten für Uran und am kleinsten für Thor. Die Intensität der α- und β-Strahlen hängt natürlich von der Reinheit des Radiums ab.

Bei zunehmender Dicke der radioaktiven Schicht nähert sich das Verhältnis β/α einem Maximum, da die α-Strahlen stärker von der radioaktiven Substanz als die β-Strahlen selbst absorbiert werden.

Unter der Annahme, dass

1) ebensoviel Energie nötig ist, um ein Ion durch die α-Strahlen zu erzeugen, wie durch die β-Strahlen und

2) dass die ganze in die Luft von einer radioaktiven Substanz ausgeströmte Energie zur Erzeugung von Ionen verbraucht wird, können wir das Verhältnis der durch die α- und die β-Strahlen ausgeströmten Energie angenähert berechnen.

λ sei der Absorptionskoeffizient der ablenkbaren Strahlen in Luft, die Geschwindigkeit der Erzeugung der Ionen pro Einheitsvolum in einer Entfernung x von der Strahlungsquelle, ist $qe^{-\lambda x}$, wo q die Ionisationsgeschwindigkeit an der Strahlungsquelle bedeutet. Die Gesamtzahl der durch vollständige Absorption erzeugten Ionen ist

$$= q\int_0^\infty e^{-\lambda x}\,dx = \frac{q}{\lambda}.$$

λ lässt sich für Luft nur schwierig bestimmen; angenähert lässt sich sein Wert aus Lenards bekannter Untersuchung berechnen, nach der die Kathodenstrahlen proportional der Dichte einer Substanz und unabhängig von der chemischen Natur der Substanz absorbiert werden.

Nun ist λ bei Aluminium für Uran-β-Strahlen ungefähr 14 und λ, durch die Dichte dividiert, ist 5,4. Da die Dichte der Luft 0,0012 ist, so ergiebt sich

$$\lambda \text{ für Luft} = 0{,}0065.$$

Die Gesamtzahl der in Luft erzeugten Ionen ist daher 154 q, wenn die Strahlen vollständig absorbiert werden.

Aus der vorhergehenden Tabelle ergiebt sich, dass die durch die ablenkbaren Strahlen hervorgerufene Ionisation sich zu der durch die α-Strahlen erregten wie 0,0074 zu 1 verhält, wenn die Strahlen eine Luftschicht von 5,7 cm durchdrungen haben.

Wir haben daher angenähert:

$$\frac{\text{Gesamtzahl der durch } \beta\text{-Strahlen}}{\text{Gesamtzahl der durch } \alpha\text{-Strahlen}}$$

erzeugten Ionen $= \frac{0{,}0074}{5{,}7} \times 154 = 0{,}2.$

Es tragen daher ungefähr $^1/_6$ der in die Luft durch eine dünne Uranschicht ausgestrahlten Energie die Elektronen mit sich. Das Verhältnis für Thor ist ungefähr $^1/_{22}$, und für Radium ungefähr $^1/_{14}$, wenn wir annehmen, dass allen diesen Strahlen ungefähr derselbe Wert für λ zukommt.

Ablenkbare Strahlen, die von durch Thor und Radium erregter Radioaktivität herrühren. Ein kleiner Teil der Strahlen, welche von durch Thor und Radium erregten radioaktiven Substanzen ausgehen, ist magnetisch ablenkbar. Da diese erregten Strahlen mit der Zeit abnehmen, so schien es von Wichtigkeit zu untersuchen, ob die ablenkbaren Strahlen in demselben Verhältnis abnehmen.

Ein Bleidraht bildete die Kathode in einem cylindrischen geschlossenen Gefässe, welches die Ausstrahlungen des Radiums enthielt. Dieselben waren durch Leiten von Luft durch eine Lösung von Radiumchlorid erhalten. Man liess den Draht während eines Tages mit der Ausstrahlung in Berührung, damit die erregte Radioaktivität einen konstanten Wert annähme. Der Bleidraht wurde dann zu einer Spirale gebogen, und zwischen den Polen des Elektromagneten von Fig. 1 gebracht.

Es wurde nun in regelmässigen Zwischenzeiten der durch die ablenkbaren und die nichtablenkbaren Strahlen hervorgerufene Strom gegemessen. Fig. 2 stellt die Resultate graphisch

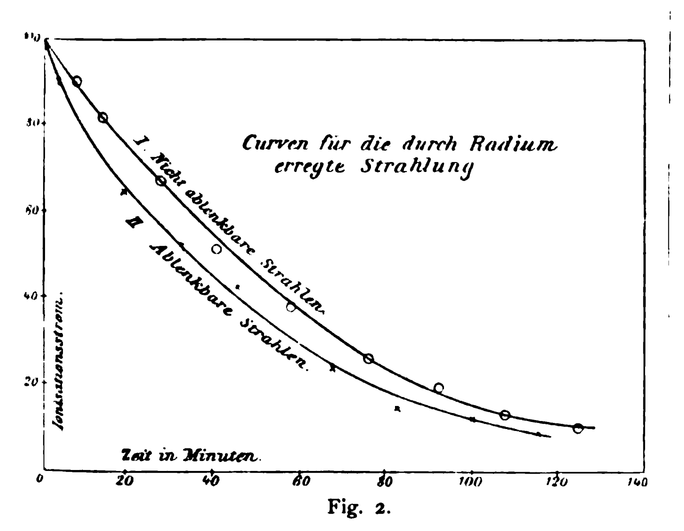


Fig. 2.

dar. Die Kurve I zeigt die Abnahme der nichtablenkbaren Strahlen mit der Zeit; Kurve II die der ablenkbaren. Um den Vergleich durchführen zu können, ist der grösste Wert in beiden Fällen gleich 100 gesetzt.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch mit der durch Thor erregten radioaktiven Substanz angestellt.

Eine Aluminiumplatte von 3×2 cm bildete die Kathode eines geschlossenen Gefässes, welches ungefähr 200 gr Thor enthielt. Der Apparat wurde während 2 Tagen sich selbst überlassen. Die folgende Tabelle zeigt die Abnahme der beiden Strahlenarten mit der Zeit. Der Anfangswert ist des Vergleichs wegen gleich 1 gesetzt.

Zeit	Nichtablenkbare Strahlen	Ablenkbare Strahlen
0	1	1
3 Stunden	.77	.83
19 „	.38	.33
42 „	.08	.07

Sowohl beim Thor als auch beim Radium nimmt somit die Intensität der ablenkbaren Strahlen in ungefähr der gleichen Weise wie die der nichtablenkbaren ab. Dies Ergebnis zeigt, dass eine sehr nahe Beziehung zwischen der Entstehung dieser beiden Strahlenarten besteht.

Aktive aus dem Thor und Uran gewonnene Bestandteile. In einer jüngst erschienen Abhandlung (Rutherford und Soddy, Proc. Chem. Soc. Jan. und Trans. Chem. Soc. April 1902) wurde nachgewiesen, dass ein sehr aktiver Bestandteil aus Thorverbindungen durch Fällung von Thornitrat mit Ammoniak gewonnen werden kann. Wird das Filtrat, welches kein Thor mehr enthält, zur Trockne eingedampft und die Ammoniumsalze durch Glühen vertrieben, so bleibt ein kleiner Rückstand übrig, welcher ausserordentlich aktiv ist; in einigen Fällen war das Produkt 1000 mal intensiver als Thor. Dieser radioaktive Bestandteil wurde Thor X genannt. Gleichzeitig nimmt die Radioaktivität des gefällten Thors um ungefähr 36% seines Anfangswertes ab.

Die Untersuchung der Radioaktivität des Thors ist von E. Rutherford und F. Soddy fortgesetzt worden; zu gleicher Zeit wurden Parallelversuche über die fraktionierte Trennung der aktiven Produkte aus Uran nach der Methode von Crookes und Becquerel gemacht. Die Resultate dieser Untersuchung werden bald erscheinen. Die Verf. sind Herrn Soddy für die chemische Untersuchung der Thor- und Uranpräparate zu Dank verpflichtet.

Es ergab sich, dass Thor X sowohl ablenkbare und nichtablenkbare Strahlen, als auch eine radioaktive Ausstrahlung aussandte. Die ablenkbaren Strahlen sind nicht einheitlich, und enthalten einen grossen Bruchteil von leicht absorbierbaren Strahlen. Thor X verhält sich also in dieser Hinsicht wie gewöhnliches Thor. Durch eine grosse Reihe von successiven Fällungen kann das Thor beinahe ganz von ablenkbaren Strahlen befreit werden, während ungefähr 30% der nichtablenkbaren erhalten bleiben.

Es ergiebt sich somit, dass nicht ablenkbare Strahlen im Thor erhalten bleiben, selbst wenn der Bestandteil, dem die ablenkbaren ihre Entstehung verdanken, vollständig entfernt ist. Ähnliche Erscheinungen sind für den aktiven Bestandteil, welcher nach der Methode von Crookes[1]) und Becquerel sich aus Uransalzen isolieren lässt, beobachtet worden. Crookes erhielt sehr radioaktive Produkte nach zwei Methoden. Nach der ersten wurde Urannitrat mit Äther digeriert, wobei sich ein Teil des Salzes löste. Der unlösliche Teil war viel radioaktiver als der lösliche. Nach der zweiten Methode wurde das Nitrat in Wasser gelöst und mit einem Überschuss von Ammoniumcarbonat behandelt. Der geringe Niederschlag war viel aktiver als die gleiche Menge von Uran. Diesen aktiven Bestandteil nannte Crookes Uran *X*.

Becquerel[2]) fand, dass durch wiederholte Fällung von Baryumsulfat in einem Gemenge von Uran- und Baryumchlorid das Uran vollständig seine photographische Wirksamkeit einbüsst, während das Baryumsulfat einen sehr aktiven Bestandteil mit niederriss. Im Laufe der Zeit gewann das Uran seine Radioaktivität wieder, während das Baryumsulfat inaktiv wurde.

Die Untersuchung des Urans *X* von Crookes und des aktiven Baryumsulfats von Becquerel ergab, dass die Strahlung fast ausschliesslich aus ablenkbaren Strahlen bestand. Die durch die nichtablenkbaren Strahlen hervorgerufene Ionisation betrug höchstens $^1/_3$ der durch die Gesamtstrahlung hervorgerufenen, während beim Ausgangspräparat (Uran) das Verhältnis 0,0074 war.

Das Uran, von dem der aktive Bestandteil entfernt war, war fast frei von ablenkbaren Strahlen, während die nichtablenkbaren kaum geschwächt waren. Keine Spur von ablenkbaren Strahlen wurden vom Uran nach 12 Fällungen mit Baryumsulfat erhalten, obwohl $^1/_2$% des Anfangsbetrags hätte ermittelt werden können. Es ergiebt sich somit, dass durch verschiedene chemische Methoden der Bestandteil, welchem die ablenkbaren Strahlen ihre Entstehung verdanken, sowohl beim Uran als auch beim Thor von der Hauptsubstanz getrennt werden kann, während wenigstens ein Teil der nichtablenkbaren Strahlung der chemischen Reaktion widersteht.

Weitere Resultate: Keine Spur von ablenkbaren Strahlen konnte beim Polonium gefunden werden. Dies Ergebnis stimmt mit dem von Becquerel nach der photographischen Methode erhaltenen überein.

Besprechung der Resultate: Die drei permanent radioaktiven Substanzen Uran, Thor und Radium senden sowohl ablenkbare, als auch nichtablenkbare Strahlen aus und unterscheiden sich scharf vom Polonium, dessen Strahlen nicht ablenkbar sind. Wie schon Becquerel betont hat, darf Polonium (radioaktives Wismut) nicht als eine permanent radioaktive Substanz aufgefasst werden, da seine Strahlung mit der Zeit abnimmt.

Das Verhältnis von beiden Strahlen ist bei allen drei radioaktiven Substanzen von der gleichen Grössenordnung; die Uranstrahlung besteht, verglichen mit den Thor- und Radiumstrahlen, verhältnismässig aus mehr ablenkbaren Strahlen.

Die Frage nach der Beziehung zwischen α- und β-Strahlen darf nur nach Berücksichtigung der chemischen Trennungen beantwortet werden. Offenbar dürfen wir nicht annehmen, dass die β-Strahlen sich zu den α-Strahlen ähnlich verhalten, wie die Kathodenstrahlen zu den Röntgenstrahlen; denn aus unserer Untersuchung geht hervor, dass die durch Trennung gewonnenen aktiven Produkte von Uran und Thor die gesamte Substanz enthalten, der die β-Strahlen ihre Existenz verdanken.

Das radioaktive Präparat, das so zeitweise von β-Strahlen befreit worden ist, behält seine Eigenschaft, einen verhältnismässig grossen Bruchteil (beim Uran und beim Thor 30%) des ursprünglichen Betrags an α-Strahlen auszusenden.

Die Intensität der α-Strahlung bleibt beim Uran mehrere Tage und beim Thor mehrere Stunden erhalten. Verdankten die α-Strahlen ihre Entstehung der direkten Einwirkung der β-Strahlen, so müsste man annehmen, dass die Strahlung lange nach Entfernung der erregenden Ursache erhalten bliebe. Diese Annahme vermag ferner auch nicht zu erklären, warum die Strahlung von Uran *X* keine ähnlichen α-Strahlen in Uran *X* selbst erregt.

Ohne in Einzelheiten über den Mechanismus der Radioaktivität einzugehen, scheint uns die Hypothese die wahrscheinlichste zu sein, nach der die von Uran und Thor ausgesandten ablenkbaren Strahlen ihre Entstehung einem durch Zerfall des Uran- bez. Thormoleküls oder Atoms entstandenen neuen Körper verdanken. Der letztere unterscheidet sich von dem ursprünglichen Uran bez. Thor und kann daher mittels chemischer Methoden von der ursprünglichen Substanz getrennt werden. Die nichtablenkbaren Strahlen rühren entweder von einem zweiten neuen Körper oder von der durch Einwirkung des ersten auf die ursprüngliche Substanz neu entstehenden Verbindung her.

Mc. Gill University Montreal, April 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 9. Mai 1902.)

1) Crookes, Proc. Roy. Soc. Mai 1900.
2) Becquerel, C. R. Dez. 9. 1901.

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Die Ablenkung des Kompasses an Bord der Eisenschiffe.

Von H. Meldau.

Die Ablenkung des Kompasses durch magnetische vom Schiffskörper ausgehende Kräfte ist ein Problem, dessen Aufstellung und teilweise Lösung ganz dem neunzehnten Jahrhundert angehört. Waren auch schon früher gelegentlich einige Beobachtungen einer „Deviation" des Kompasses gemacht worden [1]), so wollten doch die Seeleute nicht viel davon wissen; ihr Vertrauen auf das altbewährte geheimnisvolle Instrument war ein so tief eingewurzeltes, dass sie lieber eine Meeresströmung über die andere annahmen, um die häufig beobachteten und mitunter verhängnisvoll verlaufenden Versetzungen ihrer Schiffe zu erklären. Dem Kapitän der englischen Kriegsmarine Flinders gebührt das Verdienst, die ersten sorgfältigen Deviationsbestimmungen angestellt, den Ansatz zu einer Theorie geliefert und die erste Kompensationsvorrichtung angegeben zu haben. Im Jahre 1802 leitete Flinders als Kapitän eines englischen Kriegsschiffes Vermessungsarbeiten an der Küste Australiens. Das Fahrzeug war, wie alle Schiffe der damaligen Zeit, aus Holz gebaut; es hatte aber bereits eine grosse Reihe eiserner Ausrüstungsgegenstände. Der auf dem erhöhten Achterdeck aufgestellte Kompass zeigte auf östlichen Kursen westliche, auf westlichen Kursen östliche Ablenkung. Flinders schloss schon damals aus der allgemein bekannten Regel südlicher Versetzung im englischen Kanal, dass auf nordmagnetischer Breite die entgegengesetzten Ablenkungen stattfinden würden. [2]) Dass er auch die Ursache der beobachteten Ablenkungen richtig in den Polen erkannte, die durch die Vertikalkraft in den Eisenmassen des Schiffes induziert wurden, ergiebt sich aus seinem Vorschlage, die Deviation durch eine hinter dem Kompass aufgerichtete Stange aus weichem Eisen zu beseitigen.

Nachdem durch Flinders ein hoffnungsvoller Anfang der Deviationslehre gemacht war, sollte es noch etwa drei Jahrzehnte dauern, ehe eine für die Sicherheit der Schiffahrt so wichtige Sache die ihr gebührende allgemeine Berücksichtigung fand. Da inzwischen die eisernen Ausrüstungsgegenstände an Bord stetig vermehrt wurden, so musste eine stets wachsende Unsicherheit der Schiffsführung die Folge sein. Einer der eifrigsten Warner in dieser Angelegenheit war in den zwanziger und dreissiger Jahren Professor P. Barlow. [1]) Dieser verallgemeinerte das Induktionsproblem, indem er die Wirkung der erdmagnetischen Gesamtkraft auf die in einer Kugel im Schwerpunkte des Schiffes vereinigt gedachten Eisenmassen betrachtete und die durch eine solche Kugel auf den verschiedenen Kursen erzeugte Deviation untersuchte. Auch praktische Vorschläge zur Lösung der Deviationsfrage rühren von Barlow her; die Barlowsche Kugel oder Platte war unter den Seeleuten jener Zeit wohlbekannt.

An das Ende dieses ersten Abschnittes der Geschichte der Deviation fällt die Aufstellung der Poissonschen Gleichungen, die eine allgemeine Lösung des in Frage stehenden Problems darstellen, und von denen deshalb auch die Weiterentwicklung der Theorie ausgegangen ist. Schon 1824 hatte Poisson allgemeine Ausdrücke für die Kräfte aufgestellt, die von irgend welchen induzierenden magnetischen Kräften ausgesetzten Eisenmassen auf eine Magnetnadel ausgeübt werden. Im Jahre 1838 spezialisierte er das Problem mehr auf die an Bord vorliegenden Verhältnisse in der Abhandlung „Mémoire sur les déviations de la boussole produites par le fer des vaisseaux". [2]) Das Interesse Poissons geht übrigens in dieser Arbeit in erster Linie darauf aus, eine Bestimmung der Deklination und Inklination auch an Bord der Schiffe zu ermöglichen „in den Punkten des Erdballs, die das Meer bedeckt".

Den Poissonschen Gleichungen liegt die Hypothese zu Grunde, dass das Schiffseisen teils als hartes Eisen den einmal aufgenommenen Magnetismus dauernd festhält, teils als weiches Eisen beim Aufhören der induzierenden Ursache ihn sofort wieder aufgiebt.

Indem Poisson ein Koordinatensystem annimmt, dessen Achsen von der Kompassmitte aus längsschiffs, querschiffs und senkrecht zum Deck verlaufen und die Annahme macht, dass der in irgend einer Richtung induzierte Magnetismus proportional der induzierenden Ursache sei, erhält er die (hier in der jetzt üblichen Bezeichnungsweise aufgeschriebenen) Fundamentalgleichungen:

$$X' = X + aX + bY + cZ + P$$
$$Y' = Y + dX + eY + fZ + Q$$
$$Z' = Z + gX + hY + kZ + R$$

in denen X', Y', Z' die Komponenten der gesamten auf die Nadel wirkenden Kraft, X, Y, Z die Komponenten des Erdmagnetismus, P, Q, R die Komponenten des festen Schiffsmagnetismus

1) Vergl. Weyer, Beiträge etc. Ann. der Hydrographie. 1888.

2) Phil. Trans. Roy. Soc. 1805.

1) Vergl. Phil. Trans. 1831.

2) Mémoires de l'Institut. 1838.

und $a \ldots k$ neun vom „weichen Eisen" abhängige Konstanten bezeichnen.

Die Komponenten P, Q, R des festen Schiffsmagnetismus erwähnt Poisson nur nebenbei, indem er hinzufügt: glücklicherweise scheine die Wirkung, um die es sich hier handele, nicht sehr bedeutend zu sein.

Inzwischen war aber die Deviationsfrage in ein ganz neues Stadium eingetreten. Man hatte angefangen, den ganzen Rumpf der Fahrzeuge aus Eisen herzustellen, und im Jahre 1835 war die Entdeckung gemacht, dass man bei einem solchen Eisenschiff mit einem ganz enormen Betrag von permanentem Magnetismus zu rechnen habe.

Um den Feind, der dem Kompass durch Einführung des neuen Schiffsbaumaterials erwachsen war, unschädlich zu machen, empfahl Airy, die magnetischen Kräfte des Schiffes durch geeignete in der Nähe des Kompasses angebrachte feste Magnete und weiche Eisenmassen zu kompensieren. Gestützt auf eine Reihe sorgfältiger, im Hafen ausgeführter Beobachtungen und eine — in ihren Grundlagen allerdings anfechtbare — Theorie des Schiffsmagnetismus, gab er den Kompensationsapparat an, der noch heute im wesentlichen an Bord der Schiffe gebraucht wird.[1]) Zwei Jahrzehnte lang ist ein heftiger Streit um die Kompensation der Kompasse geführt worden. Während Airys Vorschläge in der englischen Handelsmarine Annahme fanden, wollte man in der englischen Kriegsmarine lange Zeit von irgend welchen, in die Nähe des Kompasses gebrachten Magneten durchaus nichts wissen. Die Kompensation, sagte man, wiege den Schiffsführer nur in eine trügerische Sicherheit und verführe dazu, dem Kompass im Vertrauen auf die Künste des Adjusteurs einen ganz ungeeigneten Platz anzuweisen. Bis in die sechziger Jahre ist kein Kompass auf einem englischen Kriegsschiff kompensiert worden. Um so grösseren Wert legte man auf die Wahl eines günstigen Ortes für die Aufstellung des Normalkompasses, beobachtete sorgfältig die Ablenkungen und entwickelte die Theorie weiter.

Der Streit um die Kompensation ist erst beigelegt, als die an Bord der Kriegsschiffe beobachteten Ablenkungen so grosse wurden, dass sie eine Zurückführung in engere Grenzen unumgänglich machten und als andererseits von der Liverpooler Kompasskommission ein reichhaltiges Beobachtungsmaterial zur Entscheidung der Frage gesammelt war. Es hat sich herausgestellt, dass weder die Kompensation noch das beobachtende Verfahren für sich allein genügt; dass vielmehr nur in ihrer gleichzeitigen Anwendung ein Ausweg aus den Schwierigkeiten gefunden werden kann. Die Kompensation ist nötig und nützlich, ihre Aufgabe ist jedoch nicht, den Kompass fehlerfrei zu machen, wie es ursprünglich beabsichtigt wurde, sondern nur, die Ablenkungen in bequeme Grenzen einzuschliessen. Für die übrigbleibenden Deviationen muss die mit der Theorie des Schiffsmagnetismus Hand in Hand gehende stete Beobachtung aufkommen.

1) Phil. Trans. 1839.

Die Ausgestaltung der Deviationstheorie geschah durch Archibald Smith. Diese Theorie[1]) setzt voraus, dass die Kompassnadel als eine unendlich kleine Nadel gegenüber der Entfernung der nächsten magnetischen Pole angesehen werden kann, so dass für ihre Einstellung die für die Kompassmitte berechneten Kräfte massgebend sind. Bezeichnet H' die auf die Nadel wirkende Gesamtkraft, ζ den magnetischen, ζ' den Kompasskurswinkel (gezählt von Nord über Ost von 0^0 bis 360^0) und Θ die Inklination, so geben die ersten beiden Poissonschen Gleichungen die Beziehungen:

$$\frac{H'}{H} \cos \zeta' = (1 + a) \cos \zeta - b \sin \zeta + c \operatorname{tg} \Theta + \frac{P}{H}$$

$$-\frac{H'}{H} \sin \zeta' = d \cos \zeta - (1 + e) \sin \zeta + f \operatorname{tg} \Theta + \frac{Q}{H}$$

[Die dritte Gleichung kommt nicht in Betracht, solange das Schiff gerade liegt, wie es zunächst vorausgesetzt werden soll.]

Daraus folgt, wenn noch die Deviation $\zeta - \zeta' = \delta$ gesetzt wird, als Komponente nach magnetisch Ost:

$$\frac{H'}{H} \sin \delta = \frac{d - b}{2} + \left(c \operatorname{tg} \Theta + \frac{P}{H}\right) \sin \zeta + \left(f \operatorname{tg} \Theta + \frac{Q}{H}\right) \cos \zeta + \frac{a - e}{2} \sin 2\zeta + \frac{d + b}{2} \cos 2\zeta$$

und als Komponente nach magnetisch Nord

$$\frac{H'}{H} \cos \delta = 1 + \frac{a + e}{2} + \left(c \operatorname{tg} \Theta + \frac{P}{H}\right) \cos \zeta - \left(f \operatorname{tg} \Theta + \frac{Q}{H}\right) \sin \zeta + \frac{a - e}{2} \cos 2\zeta - \frac{d + b}{2} \sin 2\zeta$$

Von besonderer Bedeutung ist in der Deviationslehre der Ausdruck $\lambda = 1 + \frac{a + e}{2}$, der die mittlere Richtkraft nach magnetisch Nord in Einheiten der Horizontalintensität darstellt. Dividiert man in beiden Formeln jederseits durch λ und setzt

$$\frac{1}{\lambda} \frac{d - b}{2} = \mathfrak{A}; \quad \frac{1}{\lambda} \frac{a - e}{2} = \mathfrak{D}; \quad \frac{1}{\lambda} \frac{d + b}{2} = \mathfrak{E};$$

$$\frac{1}{\lambda} \left(c \operatorname{tg} \Theta + \frac{P}{H}\right) = \mathfrak{B}; \quad \frac{1}{\lambda} \left(f \operatorname{tg} \Theta + \frac{Q}{H}\right) = \mathfrak{C};$$

1) S. Admiralty Manual for the Deviations of the Compass, London 1901.

so erhält man durch Division (I)

$$tg\,\delta = \frac{\mathfrak{A} + \mathfrak{B} \sin\zeta + \mathfrak{C} \cos\zeta + \mathfrak{D} \sin 2\zeta + \mathfrak{E} \cos 2\zeta}{1 + \mathfrak{B} \cos\zeta - \mathfrak{C} \sin\zeta + \mathfrak{D} \cos 2\zeta - \mathfrak{E} \sin 2\zeta}.$$

An Bord ist es wichtig, die Ablenkung als Funktion des Kompasskurses ζ' zu haben. Setzt man in der Gleichung (I) $tg\,\zeta = \frac{\sin\zeta}{\cos\zeta}$ und multipliziert mit den Nennern, so erhält man

$$\sin\delta = \mathfrak{A} \cos\delta + \mathfrak{B} \sin\zeta' + \mathfrak{C} \cos\zeta' + \mathfrak{D} \sin(2\zeta' + \delta) + \mathfrak{E} \cos(2\zeta' + \delta).$$

Statt dieser für beliebige Werte des δ gültigen Gleichung benutzt man in der Praxis den Ausdruck (II)

$$\delta = A + B \sin\zeta' + C \cos\zeta' + D \sin 2\zeta' + E \cos 2\zeta',$$

dessen Anwendbarkeit voraussetzt, dass die Ablenkungen entweder von Natur nicht über 20^0 betragen oder dass sie durch Kompensation in diesen Bereich zurückgeführt sind.

A wird die konstante, $B \sin\zeta' + C \cos\zeta'$ die halbkreisige (semicirkulare) und $D \sin 2\zeta' + E \cos 2\zeta'$ die viertelkreisige (quadrantale) Deviation genannt. Der Zusammenhang der Koeffizienten der Formeln (I) und (II) ist näherungsweise durch die Gleichungen gegeben

$$\mathfrak{A} = \sin A; \quad \mathfrak{D} = \sin D; \quad \mathfrak{E} = \sin E;$$

$$\mathfrak{B} = \sin B\left(1 + \frac{1}{2} \sin D\right); \quad \mathfrak{C} = \sin C\left(1 - \frac{1}{2} \sin D\right).$$

Die Koeffizienten A, B, C, D und E pflegt man in Gradmass auszudrücken; sie stehen nahe in demselben Abhängigkeitsverhältnis zu den Konstanten des Schiffes und den erdmagnetischen Elementen wie die ihnen entsprechenden Koeffizienten der exakten Formel (I).

Die Koeffizienten A, D und E haben die praktisch wichtige Eigenschaft, unabhängig von der magnetischen Breite zu sein. Sie entstehen durch die Horizontalinduktion in den weichen Eisenmassen des Schiffes, und zwar ist bei mittschiffs aufgestelltem Kompasse die Ursache von D im symmetrisch zur Mittschiffsebene, die Ursache von A und E im unsymmetrisch zu dieser Ebene angeordneten Eisen zu suchen. Da unsymmetrisch verteiltes Eisen im allgemeinen an Bord nicht vorhanden ist, so sind A und E meist als verschwindend zu betrachten. Der Koeffizient A kann auch in nichtmagnetischen Ursachen, z. B. in einem Kollimationsfehler der Rose, seinen Grund haben. Für die Grösse des Hauptkoeffizienten $\left(\mathfrak{D} = \frac{1}{\lambda} \frac{a - e}{2}\right)$ der Quadrantaldeviation ist der Unterschied der Längsschiffs- und Querschiffsinduktion massgebend. Man pflegt sich die den Konstanten $a \ldots k$ entsprechenden Wirkungen als von unendlich dünnen Stangen ausgehend zu denken, von denen jede nur den ihr entsprechenden Koeffizienten erzeugt und dessen Grösse durch ihre Länge veranschaulicht wird. So wird z. B. ein $+a$ durch eine vor oder hinter dem Kompass in Kompasshöhe liegende Längsschiffstange, ein $+e$ durch eine ähnliche Querschiffstange dargestellt (s. Fig. 1). Die für die Normalkompasse der Kauffahrteischiffe in der Regel stattfindenden Verhältnisse werden durch die Figur 2 angedeutet.

Fig. 1.

Fig. 2.

Da die Haupteisenmassen unter dem Kompasse durchgehen, so haben a und e negative Werte. Dabei ist der absolute Betrag des $-e$ wegen der Nähe der in der Querschiffsrichtung induzierten Pole erheblich grösser als der des $-a$, so dass ein positiver Wert des $\mathfrak{D}$ resultiert. Nur für sehr hoch über Deck angebrachte Mastkompasse hat man gelegentlich ein Überwiegen der Längsschiffsinduktion über die Querschiffsinduktion beobachtet. Die in gewöhnlicher Höhe über Deck angebrachten Kompasse haben auf Kauffahrteischiffen durchweg ein D von 3^0 bis 6^0, auf Kriegsschiffen nimmt der Koeffizient nicht selten den doppelten bis dreifachen Betrag an.

Im engen Zusammenhange mit $\mathfrak{D}$ steht die Grösse $\lambda = 1 + \frac{a + e}{2}$, das Verhältnis der mittleren Richtkraft nach magnetisch Nord zur Horizontalintensität. Wegen der negativen Werte von a und e ist λ stets kleiner als 1; als Mittelwert für die Kompasse der Handelsschiffe kann 0,8 bis 0,9 gelten, in den Panzertürmen der Kriegsschiffe sinkt λ nicht selten unter 0,3 herab.

Die Ursachen der halbkreisigen Ablenkung sind nach den Formeln

$$\mathfrak{B} = \frac{1}{\lambda}\left(c\; tg\,\Theta + \frac{P}{H}\right); \quad \mathfrak{C} = \frac{1}{\lambda}\left(f\; tg\,\Theta + \frac{Q}{H}\right)$$

die Komponenten P und Q des festen Schiffsmagnetismus und die Vertikalinduktion.

Die Entstehung des permanenten Schiffsmagnetismus fällt in die Bauperiode des Schiffes. Die Lage der magnetischen Hauptachse ist abhängig vom Baukurse; annähernd stimmt sie mit der Richtung des magnetischen Meridians beim Bau überein. Da der Induktionsprozess während des Baues durch unzählige Hammerschläge begünstigt wird, so ist der Betrag des aufgenommenen Magnetismus meist ausserordentlich gross. [Es werden gelegentlich Deviationen über 100^0 beobachtet.] Ein erheblicher Teil dieses Magnetismus ist allerdings nur „halbfest". Das allmähliche Verschwinden dieses Teiles hat während der ersten Reisen

stetige Änderungen der Ablenkung zur Folge. Man beschleunigt den Vorgang der Abschüttelung des halbfesten Magnetismus dadurch, dass man das Schiff nach dem Stapellauf auf den dem Baukurse entgegengesetzten Kurs legt und ihm in dieser Lage seine weitere Ausrüstung giebt. In etwa Jahresfrist bildet sich ein leidlich stationärer Zustand des permanenten Magnetismus heraus.

Der Hauptkoeffizient c der Vertikalinduktion ist nach seinem Vorzeichen und seiner Grösse besonders davon abhängig, ob der Kompass weit vorn auf einer Kommandobrücke oder auf dem Achterdeck aufgestellt ist. Für Brückenkompasse ist er immer negativ, was auf den überwiegenden Einfluss der oberen Enden der hinter dem Kompass liegenden Eisenmassen schliessen lässt. Aus dem Beobachtungsmaterial der Deutschen Seewarte ergiebt sich als Mittelwert für die Kompasse der genannten Art auf mittelgrossen Dampfern $\frac{c}{\lambda} = 0{,}09$.

Der Koeffizient f, der aus unsymmetrischer Anordnung vertikalen Eisens entstehen würde, kann in der Regel als verschwindend angesehen werden.

Beide Bestandteile der halbkreisigen Ablenkung sind mit der magnetischen Breite des Schiffes veränderlich, am meisten der von der Vertikalinduktion herrührende Teil. Der soeben angeführte Mittelwert des $\frac{c}{\lambda}$ bedeutet beispielsweise für eine Reise von der Weser nach dem Kap der guten Hoffnung eine Veränderung des B von fast 20^0 nach der positiven Seite.

Es wäre von ausserordentlichem Nutzen für die Sicherheit der Schiffsführung, wenn man die beiden Bestandteile der halbkreisigen Ablenkung trennen könnte, nachdem Beobachtungen in möglichst verschiedenen magnetischen Breiten vorliegen. Leider wird die Lösung dieser Aufgabe sehr erschwert durch die Veränderungen, denen die Deviation stetig durch halbfesten (remanenten) Magnetismus unterworfen ist. Das Auftreten dieser Art des Magnetismus bedeutet, dass die Deviation eines Kompasses ausser vom Kurswinkel nicht nur von dem Orte abhängt, an dem sich das Schiff augenblicklich befindet, sondern auch von dem Kurse, auf dem es an diesen Ort gelangt ist. Der auf irgend einem Kurse aufgenommene Magnetismus ist um so beträchtlicher, je länger das Schiff auf diesem Kurse lag und je stärkeren Erschütterungen es ausgesetzt war; er ist ausserdem in hohem Masse abhängig von der zum Baue des Schiffes verwendeten Stahl- oder Eisensorte.[1]) Um dem halbfesten Magnetismus, dessen Auftreten in den Poissonschen Gleichungen keinen Ausdruck findet, Rechnung zu tragen, hat die Deutsche Seewarte vorgeschlagen, in die Ausdrücke für $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$ noch je ein Glied, nämlich

$$-\frac{v}{\lambda} \sec\Theta \cos\zeta_p, \quad \text{bezw.} \quad +\frac{v'}{\lambda} \sec\Theta \sin\zeta_p$$

einzuführen, in denen ζ_p den in den letzten 24 Stunden gesteuerten Gesamtkurs bedeutet und v und v' zwei durch Beobachtung festzustellende Konstanten sind. Als Durchschnittswerte für eine Anzahl mittelgrosser Schiffe wurden $v = +0{,}018$, $v' = 0{,}028$ gefunden.

Wenn man auch auf die numerische Berechnung der durch halbfesten Magnetismus erzeugten Ablenkung verzichtet, so lässt sich doch in jedem Falle der Sinn angeben, in welchem diese Ablenkung erfolgt. Da an der nach Norden gelegenen Seite des Schiffes Nordmagnetismus entsteht, so hat man nach einer Kursänderung rechts vom alten Kurse westliche, links vom alten Kurse östliche Deviation durch den vorher aufgenommenen Magnetismus. Bei Nichtberücksichtigung dieser Deviation wird das Schiff in der Richtung nach dem alten Kurse hin versetzt.

Wegen des halbfesten Magnetismus ist auch grosse Vorsicht bei der Kompensation der Kompasse und der Aufstellung der Deviationstabelle erforderlich. Hat das Schiff vor der Kompensation oder der Deviationsbestimmung lange Zeit auf demselben Kurse gelegen, so kompensiert man mit den festen leicht halbfeste Pole oder bekommt die Wirkung solcher Pole in die Deviationstabelle. Der halbfeste Magnetismus macht sich auch unmittelbar bei der Deviationsbestimmung in der Weise bemerkbar, dass man um 1^0 bis 2^0 verschiedene Werte für A und E erhält, je nachdem das Schiff rechts oder links herumgedreht ist. Die Drehung rechts herum giebt ein $-A$ und $-E$, die Drehung links herum ein $+A$ und $+E$, wenn A und E thatsächlich den Wert Null haben. Ist ein Schiff nur einseitig herumgedreht, so wird man deshalb beobachtete Werte der Koeffizienten A und E im Betrage von 1^0 bis 2^0, sofern sie das der Drehungsrichtung entsprechende Vorzeichen haben, mit Recht unberücksichtigt lassen.

Bisher war das Schiff als aufrecht auf ebenem Kiele liegend vorausgesetzt. Die Änderung, die in der Deviation beim Überneigen oder Krängen des Schiffes entsteht, wird Krängungsfehler genannt. Es bezeichne XYZ ein Koordinatensystem, dessen Achsen, bezw. längsschiffs, horizontal nach rechts und vertikal nach unten gerichtet sind, $X_iY_iZ_i$ ein solches, dessen Y_i-Achse parallel zum Deck nach rechts und dessen Z_i-Achse senkrecht zum Deck nach unten ver-

1) Die auf verschiedenen Werften hergestellten Schiffe desselben Typs zeigen oft erheblich verschiedene Beträge von halbfestem Magnetismus.

läuft. Berechnet man die Komponenten der erdmagnetischen Kraft im zweiten System, stellt für dieses System die Poissonschen Gleichungen auf und transformiert sie auf das XYZ-System, so erhält man analog wie früher den Ausdruck für die jetzt stattfindende Deviation. Sind $b = d = f = 0$ und beschränkt man sich auf die ersten Potenzen des Krängungswinkels i, so wird

$$\delta_i = \delta + \frac{c-g}{2\lambda} i + \mathfrak{J}\, i \cos \zeta' - \frac{c+g}{2\lambda} i \cos 2\zeta'$$

wo $\mathfrak{J} = \frac{eZ}{\lambda H} - \frac{kZ+R}{\lambda H} = \frac{1}{\lambda}\left[(e-k)\, tg\, \theta - \frac{R}{H}\right]$

Es wird demnach durch die Krängung zunächst eine konstante und in Verbindung damit eine quadrantale Deviation erzeugt. Der Grund ist der, dass einerseits die vorher vertikalen Eisenmassen vom Typus c teilweise der Horizontalinduktion ausgesetzt werden und andererseits die Vertikalkomponente der Längsschiffsinduktion in Wirksamkeit tritt. Der wichtigste Bestandteil der Krängungsdeviation ist das semicirkulare Glied $\mathfrak{J}\, i \cos \zeta'$. Der erste der Ausdrücke, die oben für den „Krängungskoeffizienten“ $\mathfrak{J}$ angegeben sind, lässt die Ursachen desselben erkennen: durch die Krängung wird den senkrecht zum Deck wirkenden Komponenten R und $k\,Z$ des festen Schiffsmagnetismus und der Vertikalinduktion Gelegenheit gegeben, Ablenkung zu erzeugen; ferner werden die vorher horizontalen Eisenmassen vom e-Typus zum Horizont geneigt und dadurch der Induktion durch die Vertikalkraft ausgesetzt. Da e negativ, k dagegen positiv ist und R bei Schiffen, die auf nordmagnetischer Breite gebaut sind, in der Regel positiv gefunden wird, so hat $\mathfrak{J}$ auf nordmagnetischer Breite fast ausnahmslos einen negativen Wert, entsprechend einer Anziehung nach der erhöhten Seite des Schiffes oft im Betrage von mehreren Graden für jeden Grad der Krängung. Die Abhängigkeit von der magnetischen Breite tritt besser in dem zweiten für $\mathfrak{J}$ gegebenen Ausdrucke hervor. In höheren südmagnetischen Breiten kommt es vor, dass das dort positive Glied $(e - k)\, tang\, \mathfrak{J}$ grösser ist als R/H, so dass eine Abstossung des Nordendes der Nadel von der erhöhten Seite ausgeübt wird.

Ein Krängungsfehler ist für die Schiffsführung deshalb besonders störend, weil das Schiff meist nicht ruhig nach einer Seite überliegt, sondern von einer Seite zur andern „schlingert“, so dass Antriebe bald nach der einen, bald nach der entgegengesetzten Richtung auf die Rose ausgeübt werden.

Bei der Einführung elektrischer Anlagen an Bord schien es anfangs, als ob dem Kompass ein neuer und sehr gefährlicher Feind in den Starkstromkabeln entstehen sollte. Nachdem man aber einige Zeit Erfahrungen gesammelt hat, sind die meisten Reedereien vernünftig genug, nicht mehr den Schiffskörper zur Rückleitung benutzen, sondern die Rückleitung neben die Hinleitung verlegen zu lassen.

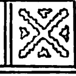
(Eingegangen 4. Februar 1902.)

REFERATE.



Technische Mechanik.

Besorgt von Prof. E. Meyer.



C. Bach, Weitere Versuche über die Abhängigkeit der Zugfestigkeit und Bruchdehnung der Bronze von der Temperatur. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1901, S. 1477 ff.

Im Anschluss an frühere Zugversuche, welche der Verfasser mit Bronzestäben aus den Werkstätten der Kaiserlichen Werft in Kiel angestellt hatte, untersuchte C. Bach Stäbe aus Bronze, die von der Firma Schäffer & Budenberg geliefert worden waren, und im wesentlichen folgende Zusammensetzung hatten: 85,90 bis 87,00 % Kupfer, 8,78 bis 9,75 % Zinn, 3,64 bis 4,30 % Zink. Die Versuche bestätigen unter anderem die schon häufig gemachte Erfahrung, dass die Festigkeitseigenschaften von Bronzestäben, welche anscheinend gleiche Zusammensetzung haben, die sogar bei demselben Gusse hergestellt sind, recht stark variieren können, um 30 % und mehr. Im ganzen betrachtet geben aber die Versuche ein sehr klares, unzweideutiges Bild von der Änderung der Festigkeitseigenschaften mit der Temperatur. Die Stäbe hatten 20 mm Durchmesser bei 220 mm Länge des cylindrischen Teiles, die Messlänge betrug 150 mm. Zur Erwärmung der Stäbe diente ein Bad von Palmin, bei Temperaturen über 300° ein Bad von Kali- und Natron-Salpeter zu etwa gleichen Teilen. Der Ofen wurde durch 5 im Kreise angeordnete Gasgebläseflammen geheizt. Es wurden je 4 oder 5 Stäbe bei Temperaturen von 20°, 100°, 200°, 250°, 300°, 350°, 400°, 450°, 500° untersucht. Es zeigte sich, dass sich die Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Querschnittsverminderung bis zu einer Temperatur von etwa 200° nur ganz unwesentlich ändern. Von da an nehmen alle drei Werte mit steigender Temperatur beständig ab, aber die Zugfestigkeit in erheblich geringerem Masse als die Formveränderungen: Während bei 400°

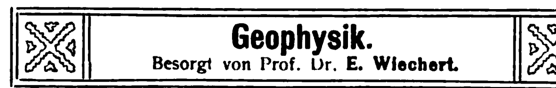
die Festigkeit erst auf etwa die Hälfte ihres ursprünglichen Wertes gesunken ist, erfährt das Material bei dieser Temperatur fast gar keine Formveränderungen mehr unter dem Einfluss der Belastung, wird also ungemein spröde. Diese Eigentümlichkeit prägt sich auch äusserlich in dem Aussehen der Stäbe nach dem Bruche aus. Während die Staboberfläche beim Versuch mit 20^0, 100^0 und 200^0 ein runzeliges Aussehen nach dem Bruch zeigte, blieb sie bei Temperaturen über 300^0 vollständig glatt und unverändert. Die Zugfestigkeit war bei allen Temperaturen etwas höher als die Zugfestigkeit der Bronze von der Kaiserlichen Werft. Diese hatte ungefähr folgende Zusammensetzung: 91,4 % Kupfer, 5,5 % Zinn, 2,8 % Zink. Die folgende Tabelle enthält die hauptsächlichsten Versuchswerte über das Verhalten der Bronze von Schäffer & Budenberg.

	20^0	100^0	200^0	250^0	300^0	350^0	400^0	450^0	500^0
Zugfestigkeit in kg pro qcm	2491	2477	2381	2031	1610	1158	1113	831	693
Bruchdehnung in %	17,4	20,1	17,9	12,1	6,8	2,0	1,5	0,5	0,3
Querschnittsverminderung in %	21,3	20,0	19,1	14,1	8,8	1,5	1,0	0	0

Der Abfall der Dehnungen war bei der Kieler Bronze sehr viel rapider, die Dehnungen selber aber bei Temperaturen unter 300^0 etwa doppelt so gross als hier.

Aus den Versuchen ist die Schlussfolgerung zu ziehen, dass selbst gute Bronze von der Verwendung in Rohrleitungen für stark überhitzten Dampf auszuschliessen ist, weil sie bei hohen Temperaturen nicht mehr die erforderliche Zähigkeit besitzt. P. Roth.

(Eingegangen 7. Februar 1902.)



Geophysik.

Besorgt von Prof. Dr. E. Wiechert.

S. Lemström, Sur la mesure des courants électriques de l'atmosphère par des appareils à pointes (Über die Messung der elektrischen Ströme der Atmosphäre durch Spitzenapparate). Acta Soc. Scient. Fennicae **29**. Nr. 8. 81 S. m. 2 Tafeln. Helsingfors 1900. 4^0.

Als es seinerzeit dem Verfasser vorliegender Arbeit gelang, künstliche Nordlichter zu erzeugen, war damit die Frage nach der elektrischen Natur dieses Phänomens in bejahendem Sinne beantwortet. Die Apparate, welche er dazu benutzte, sind grosse ebene Drahtwindungen, die in Entfernungen von etwa $1/2$ bis $1\,1/2$ m Spitzen tragen und eine Fläche von 350 qm bedecken. Sie waren auf Bergen im finnischen Lappland gegen 300 m hoch über dem Thalniveau von der Unterlage isoliert aufgestellt und leitend mit einem Galvanometer verbunden, das in 4 km Entfernung im Thale aufgestellt und durch eine Zinkplatte geerdet war. Über diesen Spitzenapparaten zeigten sich des öfteren jene künstlichen Nordlichter. Der Zweck der ganzen Anlage war jedoch mehr der, die elektrischen Ströme zu messen, welche von der Erde nach oben resp. umgekehrt fliessen. Hauptsächlich geschahen diese Messungen 1882/83 während des Internationalen Polarjahrs und sind daher im finnischen Polarwerk, Band III, Helsingfors 1898, veröffentlicht.

Die vorliegende Arbeit stellt zu diesen Messungen eine Ergänzung dar, besonders dadurch, dass ausser der Spannung dieser Erdluftströme jetzt auch die Stromstärke gemessen wurde. Die Beobachtungen geschahen nunmehr in Helsingfors selbst. Ein Spitzenapparat war auf einem hohen Kirchturm 82 m, ein anderer auf dem Dache des physikalischen Laboratoriums 42 m über Meer aufgestellt, also in wesentlich geringeren Höhen als 1882/83. Ausserdem waren die Spitzenflächen nur 6 qm gross. Die Ströme wurden mit einem empfindlichen Galvanometer beobachtet und stets durch Zwischenschaltung eines Batteriestromes in einem und dem anderen Sinne kontrolliert.

Was nun das Wesen dieses Erdluftstromes anbetrifft, so ist folgendes zu bemerken: Eine reine Naturerscheinung ist er nicht, denn es steht nicht zu erwarten, dass auch ohne metallische Leitung zwischen dem Punkte, wo der Spitzenapparat sich befindet, und der Erde ein Strom fliesse. Andererseits aber ist der Erdluftstrom in einem engen Zusammenhange mit der Luftelektrizität und ein anderes Mass für sie, als das mit dem Kollektor gemessene Potential gegen die Erde. Die Variationen sind zum Teil Naturvariation (so die des Potentialgefälles), zum Teil instrumenteller Herkunft (wie namentlich der Spitzenwirkung, deren Widerstand nach dem Verfasser wesentlich von meteorologischen Momenten abhängen soll).

Der Verfasser ist der Überzeugung, dass auch ohne metallische Verbindung ein Erdluftstrom existiere, zum wenigsten in der Nachbarschaft des Gürtels maximaler Häufigkeit der Nordlichter.

Der gemessene Strom ist auch nur zum Teil ein Naturwert und zum Teil instrumentellen Einflüssen unterworfen, namentlich dem des Spitzenwiderstandes. Es kommt wohl auch weniger auf die absolute Höhe des Spitzenapparates an, als auf die Potentialfläche, in welche er hineinragt. Die Höhenaufstellung kann also nur den Zweck haben, in Gegenden zu kommen, wo das Gefälle ein grösseres ist. Es wäre leicht möglich, grössere Stromstärken und Spannungen zu erhalten, wenn man die Spitzen sehr lang

wählt oder mit Spitzen bewehrte Drachen steigen liesse, wie dies bekanntlich schon Franklin that.

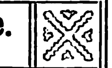
Der vom Verfasser gemessene Strom ist meist positiv, d. h. von oben nach unten fliessend, jedoch sobald der Regen beginnt, wird er negativ. Während eines Nordlichtes variiert er ausserordentlich stark, zeigt jedoch auch für gewöhnlich stete und zum Teil plötzliche Oscillationen. Die Tafeln geben neben einigen Spezialkurven für mehrere Tage Ablesungen von 5 zu 5 Minuten.

Auch wenn man von den Drachenversuchen Franklins und seiner Nachfolger absieht, hatte Lemström in der Messung solcher Ströme Vorgänger: der erste war Colladon (Pogg. Ann. **8**, 336). Im Anschluss an seine Resultate schlug die Royal Society in London vor, auf diese Art die Luftelektrizität zu messen, was auch geschehen sein soll. Auch Quetelet (Sur le clima de la Belgique, tome 3, p. 26) und Lamont (Jahresber. Münchener Sternwarte 1852, S. 82) haben solche Ströme und zwar in Blitzableitern beobachtet. Letzterer findet jedoch keinen Strom, sobald der Blitzableiter vom Hause isoliert wird, bestreitet daher die Existenz solcher Ströme, wenigstens als einer Naturerscheinung.

Durch Lemströms Resultate angeregt, werden seine Versuche augenblicklich von verschiedenen Seite wiederholt, so dass die Klärung der Fragen zu erwarten steht.

A. Nippoldt.

(Eingegangen 13. März 1902.)

Wissenschaftl. Photographie.

Besorgt von Privatdozent Dr. E. Englisch.

J. M. Eder, System der Sensitometrie photographischer Platten (III). Ber. Wien. Akad. math. naturw. Kl. CX. II a. 1103—1124. 1901.

Es wird versucht, die relative Farbenempfindlichkeit orthochromatischer Platten in einfacher Weise festzustellen. Zu dem Zweck wird das Spektrum durch Filter in zwei Teile zerlegt; das Blaufilter (25 g kryst. Kupfervitriol + Ammoniak + Wasser, Gesamtvolum 1000 ccm) lässt wesentlich nur die Strahlen durch, welche der Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers entsprechen; das Gelbfilter (40 g Kaliummonochromat zum Volum von 1 l gelöst) schneidet diese Strahlen ab und lässt nur solche Strahlen durch, welche die Farbensensibilisation umschliessen. Die Filter werden in 1 cm Dicke angewendet; für Gelbgrün empfindliche Platten (mit Erythrosin, Eosin) ist bei Hefnerlicht das Empfindlichkeitsverhältnis Blau zu Gelb etwa 1 zu 4 bis 5; für die Scheinersche Benzinlampe weicht das Verhältnis wenig ab; dagegen wird für das von einem weissen Schirme reflektierte Bogenlicht das Verhältnis 1 : 1,6.

Orthochromatische Platten können bei Hefnerlicht empfindlicher sein, als gewöhnliche ungefärbte Platten, während bei Tageslicht das Umgekehrte statthaft. Eder schlägt zur Messung der Gesamtempfindlichkeit vor, die Empfindlichkeit einer gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatte nach Scheiner zu bestimmen, und die Empfindlichkeit der orthochromatischen Platte am Massstab der gewöhnlichen bei weissem Lichte zu messen.

Die Lage des Empfindlichkeitsmaximums der reinen Bromsilbergelatine zeigte sich abhängig vom Fabrikat; es rückt mit längerer Belichtung von 451—458 $\mu\mu$ nach Violett hin. War das Empfindlichkeitsmaximum bei Sonnenlicht bei 451 $\mu\mu$, so lag es für Auerlicht bei 454, Petroleumlicht bei 457 $\mu\mu$; die Maxima sind bei Gitterspektrographen um 5 $\mu\mu$ nach den kürzeren Wellen zu gegen die Maxima bei Glasspektrographen verschoben. Jodsilberkollod hat ein Maximum bei 425—420 $\mu\mu$; Chlorsilbergelatine bei 380 $\mu\mu$ und das Band erstreckt sich von 396—320 $\mu\mu$ fast gleichstark; die Mitte liegt bei 355 $\mu\mu$. Entsteht die Maximalwirkung zwischen H und K bei Glasapparaten, so giebt dies eine Gewähr dafür, dass der Apparat bezüglich der Lichtdurchlässigkeit des ganzen sichtbaren Spektrums allen Anforderungen der Praxis entspricht.

Die Sensibilisationsprüfung verschiedener Farbstoffe kann hier nicht ausführlich referiert werden; Monobromfluorescein-Bromsilberkollod mit Äthylviolett soll eine ausgezeichnet gleichmässige Empfindlichkeit über das Spektrum haben.

Die chemische Helligkeit der Walratkerze wurde gleich 0,93 Hefner, ihre optische gleich 1,14 Hefner bestimmt; ihre relative Aktinität ist demnach 0,93 : 1,14 = 0,82. Englisch.

(Eingegangen am 20. Februar 1902.)

BESPRECHUNGEN.

J. H. van't Hoff, Zinn, Gips und Stahl vom physikalisch-chemischen Standpunkt. Vortrag, gehalten im Verein der deutschen Ingenieure zu Berlin. gr. 8. 35 S. mit Abbildungen. München, R. Oldenbourg. 1901. M. 2,—.

Dieser Vortrag wurde im Vereine der deutschen Ingenieure zu Berlin in der Absicht gehalten, an Beispielen darzuthun, wie im chemischen Gebiete Erscheinungen auftreten, die eine grosse Analogie mit den physikalischen Umwandlungserscheinungen, speziell mit der gegenseitigen Verwandlung der Aggregatzustände darbieten. Vermöge dieses Kontaktes gelingt es, die einfachen physikalischen Gesetze fruchtbringend auf die komplizierten chemischen Gesetze zu übertragen und eine Annäherung der beiden Disziplinen zu erreichen.

So erinnert die Verwandlung des weissen, metallischen Zinnes in die graue, bröcklig warzenförmige Modifikation insofern an die physikalische Erscheinung des Schmelzens und Erstarrens, als sie an eine bestimmte Temperaturgrenze gebunden ist, in der Weise, dass oberhalb 20^0 das gewöhnliche Zinn, unterhalb 20^0 das graue Zinn dem stabilen Zustande entspricht; wie oberhalb 0^0 Wasser, unterhalb 0^0 Eis beständig ist. Verzögerungserscheinungen verdecken oft diese einfache Beziehung. Die Umwandlungstemperatur kann nach der dilatometrischen Methode oder mittelst des Umwandlungselementes bestimmt werden.

Beim Gips handelt es sich nicht um eine blosse Modifikationsänderung, sondern um einen chemischen Zerfall unter Freiwerden von Wasser; dennoch ist die Analogie mit dem physikalischen Vorgange des Schmelzens noch grösser, weil bei einer bestimmten Temperatur durch das Auftreten flüssigen Wassers eine thatsächliche teilweise Verflüssigung eintritt. Es schliesst sich ferner eine zweite Erscheinung an, die mit der physikalischen Verdampfung vergleichbar ist, indem der Gips einen Teil seines Wassers als Dampf abgiebt, ein Vorgang, der wie die Verdampfung reinen Wassers bei einer bestimmten Temperatur an eine bestimmte maximale Dampftension gebunden ist.

In ähnlicher Weise wird das Verhältnis von Schmiedeeisen, Stahl und Gusseisen erläutert, in welchen, wie neuere Untersuchungen gelehrt haben, in erster Linie Kohlenstoff (wie Graphit und Diamant), Eisen (in zwei Modifikationen α und β Ferrit), die Eisenverbindung mit Kohlenstoff (Fe_2C, Cementit), dessen feste Lösung mit Kohlenstoff (Martensit) und schliesslich der sogenannte Perlit zu berücksichtigen sind, deren Umwandlung und Entstehung, teils einem Schmelzprozess, teils dem kryohydratischen Erstarren u. s. w. gleichen. J. Billitzer.

(Eingegangen 18. November 1901.)

Hans Schmidt, Anleitung zur Projektion photographischer Aufnahmen und lebender Bilder (Kinematographie). gr. 8^0. VIII und 121 Seiten mit 56 Figuren im Text. Berlin, Gustav Schmidt. 1901. Geh. 2,50 M.; geb. 3 M.

Verf. giebt in übersichtlicher Anordnung eine Anleitung zur Projektion gewöhnlicher photographischer sowie kinematographischer Aufnahmen. Die Handhabung der Projektionskamera, insbesondere der verschiedenartigen Lichtquellen, ist eingehend beschrieben, ebenso die Aufstellung des Apparates und die Bestimmung des zweckmässigen Abstandes zwischen Apparat und Schirm. Die Methode der kinematographischen Aufnahme sowie die Behandlung der zugehörigen Apparate wird ausführlich besprochen, was um so erfreulicher ist, als es bisher an einer derartigen Anleitung gefehlt hat. Die Darstellung ist für den Anfänger berechnet und im allgemeinen klar; einige Unebenheiten, wie auf S. 73 oben die Erklärung der Wirkung einer Sammellinse, werden bei einer späteren Auflage zu korrigieren sein. Im übrigen wird das Büchlein allen denjenigen, welche aus wissenschaftlichen oder aus künstlerischen Interessen sich der Projektion bedienen, ein nützlicher Führer sein.

Karl Schaum.

(Eingegangen 16. Februar 1902.)

J. M. Pernter, Meteorologische Optik. I. Abschnitt. gr. 8^0. VIII u. 54 S. mit Figuren. Wien, Wilhelm Braumüller. 1902. M. 1,80.

Gewissermassen im Anschluss an das Handbuch der Meteorologie von J. Hann beabsichtigt der Verf. ein Werk zu schaffen, welches die Beschreibung und Theorie aller der sehr mannigfaltigen optischen Erscheinungen geben soll, die bei dem Durchgange des Lichtes durch die Atmosphäre der Erde zu stande kommen, sei es durch die regelmässigen Brechungsvorgänge oder durch Veranlassung von Beimischungen der Luft oder durch Reflexe an solchen. Das sehr umfangreiche und z. T. noch recht wenig der exakten Forschung unterzogene Gebiet dieser Phänomene gedenkt der Verf. in einem etwa

30 Bogen starken Werke zu behandeln. Das erste Heft desselben liegt seit einiger Zeit vor und wurde der Centralanstalt für Meteorol. und Erdmagnet. zum 50jährigen Bestehen gewidmet. — Dieses Heft behandelt zunächst die „scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes und einige damit zusammenhängende Erscheinungen". Wir werden nach dem Erscheinen weiterer Hefte auf deren interessanten Inhalt wieder zurückkommen und denselben eingehender zu besprechen haben. L. Ambronn.

(Eingegangen 16. März 1902.)

Fr. Ristenpart, Verzeichnis von 336 Sternkatalogen. gr. 8⁰. 41 Seiten. Breslau, Eduard Trewendt. 1901. Mk. 2,—.

Das vorliegende Heft ist eine erweiterte Sonderausgabe aus dem „Handwörterbuch der Astronomie" und kommt besonders einem lebhaften Wunsche der Astronomen vom Fach entgegen, da es in übersichtlicher Anordnung alle die Sternkataloge zusammenstellt, welche im Laufe von nahe 2000 Jahren von den Astronomen aller Völker verfasst worden sind.

Das erste einigermassen vollständige Verzeichnis dieser Art wurde von dem Astronomen Knobel 1880 herausgegeben; dasselbe enthält aber nur die bis 1875 erschienenen Verzeichnisse, seitdem sind aber so viele neue und besonders genaue und wertvolle Kataloge bearbeitet worden, dass ein neues Verzeichnis dringend nötig wurde. Der Verfasser hat seine Aufgabe, die sich ihm in Verfolg seiner Studien zur „Geschichte des Himmels" selbst als wünschenswert erwies, in bester Weise gelöst. Das Verzeichnis führt 336 Einzelkataloge auf, welche zusammen die genauen Orte von 970 440 und die genäherten Orte von 1 115 384 Sternen enthalten. L. Ambronn.

(Eingegangen 16. März 1902.)

A. Miethe, Lehrbuch der praktischen Photographie. II. verbesserte Auflage. gr. 8⁰. VIII und 445 S. Mit 180 Abbildungen. Halle a. S., Wilhelm Knapp. 1902. M. 10,—.

Die zweite Auflage des Miethe'schen Lehrbuches ist, wie die 1895 erschienene erste Auflage, vornehmlich für die lernenden und für die fortgeschrittenen berufsmässigen Photographen berechnet. Das Werk ist in 7 Abschnitte geteilt, welche folgende Gebiete behandeln: 1. Das Licht in der Photographie; 2. Die Chemie der photographischen Prozesse; 3. Die photographischen Apparate; 4. Negativ- und Positivprozesse; 5. Reproduktion und Vergrösserung; 6. Orthochromatische Photographie und Photographie bei künstlichem Lichte; 7. Die photographische Ästhetik im Atelier und im Freien.

Da, wie gesagt, das Lehrbuch vornehmlich für den Praktiker bestimmt ist, mussten naturgemäss die physikalischen und chemischen Grundlagen der photographischen Prozesse möglichst knapp und elementar gehalten werden, während die Ausführungen über Eigenschaften, Prüfung und Behandlung der Linsensysteme, die Beschreibung der photographischen Apparate und der Arbeitsräume, sowie die Schilderung der Technik der Aufnahme, der Negativ-, Positiv- und Reproduktionsverfahren ausgiebig gestaltet wurden. Die übersichtlichen und klaren Darstellungen werden ohne Frage nicht nur von dem Berufsphotographen, sondern von jedermann, der sich aus wissenschaftlichen oder künstlerischen Interessen eingehender mit der Photographie beschäftigt, mit grossem Nutzen studiert werden. Namentlich wird sich Miethes Lehrbuch allen Naturwissenschaftern, Medizinern und Philologen, auf unseren Universitäten, in deren Vorlesungsverzeichnissen wissenschaftlich-photographische Übungen leider kaum zu finden sind, als ein reichhaltiger und zuverlässiger Ratgeber erweisen. K. Schaum.

(Eingegangen 26. April 1902.)

Morris W. Travers, The experimental study of gases (Das experimentelle Studium der Gase). VIII und 323 S. London, Macmillan & Co., Ltd. 1901. 10 sh. —

Das vorliegende Buch, dem kein geringerer als Ramsay einige Worte zur Einführung mitgegeben hat, enthält in seinem ersten Teil (Chap. I—VIII) eine ausführliche Angabe des beim Experimentieren mit Gasen erforderlichen Instrumentariums; es bespricht die hierbei notwendig werdenden Manipulationen der Reindarstellung, Sammlung und Aufbewahrung der Gase sowie der Volummessung im allgemeinen. Wenn die Darstellung auch manchmal etwas in die Breite geht, so sei dabei doch nicht vergessen, dass vieles, was auf den ersten Blick als unbedeutende Kleinigkeit erscheint, in Wirklichkeit zum Gelingen des ganzen Versuches wesentlich erforderlich ist, und man darf dem Verfasser dankbar sein, dass er gerade auf die Details ausführlich eingegangen ist.

Nach einem kurzen Abschnitt über Gasanalyse und über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft geht der Verfasser zu den Gasen der Heliumgruppe über und bespricht eingehend deren Reindarstellung und Trennung. Als Übergang zur Gasverflüssigung im grossen werden die Beziehungen von Druck, Temperatur und Volum eingehend behandelt. Der Abschnitt über die Gasverflüssigung ist — entsprechend der ganzen Anlage des Buches — historisch

gegliedert. Im weiteren folgen Kapitel über die kritischen Konstanten, Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten, spezifische Wärme, Diffusion, Brechungsvermögen und Spektralanalyse von Gasen. Als Anhang sind Tabellen der Siedepunkte bei verschiedenen Drucken für Flüssigkeiten angegeben, deren Dämpfe sich zur Herstellung von Bädern konstanter Temperatur eignen.

Das Buch, dessen Text durch zahlreiche Abbildungen gut erläutert wird, erscheint in hervorragendem Masse geeignet, zur Einführung in das Experimentalstudium der Gase zu dienen, gleichzeitig bietet es eine willkommene Übersicht über die wichtigsten Thatsachen, welche gegenwärtig auf dem betr. Gebiet bekannt sind.

Carl Forch.

(Eingegangen 28. April 1902.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Hornemann, M., Ueber Töne an Kontakten. Sep.-Abdr. aus den Annalen der Physik. IV. Bd. 7. 1902. Mit 8 Figuren. 8. 20 S. Leipzig, Johann Ambrosius Barth.

Kistner, Alfred, Schaltungsarten und Betriebsvorschriften elektrischer Licht- und Kraftanlagen unter Verwendung von Akkumulatoren. Zum Gebrauche für Maschinisten, Monteure und Besitzer elektrischer Anlagen. sowie für Studierende der Elektrotechnik. Mit 81 in den Text gedruckten Figuren. 8. VIII u. 210 S. 1901. Berlin, Julius Springer. Gebunden M. 4,—.

Ostwalds Klassiker der exacten Wissenschaften. kl. 8. Gebunden. Leipzig, Wilhelm Engelmann.

No. 124. Helmholtz, H., Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge. Herausgegeben von Max Planck. 84 S. 1902. M. 1,40.

No. 125. Mayow, John, Untersuchungen über den Salpeter und den salpetrigen Luftgeist, das Brennen und das Athmen. Herausgegeben von F. G. Donnan. Mit einem Portrait und 6 Figuren. 56 S. 1901. M. 1,—.

No. 126. Faraday, Michael, Experimental-Untersuchungen über Electricität. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. IX. bis XI. Reihe (1835). Mit 15 Figuren im Text. 106 S. 1901. M. 1.80.

No. 128. — — — XII. und XIII. Reihe (1838). Mit 29 Figuren im Text. 133 S. 1901. M. 2,—.

Fr. Rüdorffs Grundriss der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Völlig neu bearbeitet von Robert Lüpke, Oberlehrer am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin. Mit 294 Holzschnitten und 2 Tafeln. Zwölfte Auflage. gr. 8. XIV u. 532 S. 1902. Berlin, H. W. Müller. M. 5,—.

Wagenmann, Adolf, Künstliches Gold. Entdeckung eines auf Grund neuerer wissenschaftlicher Anschauungen beruhenden Verfahrens zur Umwandlung der Stoffe. Für jedermann verständlich dargestellt. gr. 8. 72 S. 1902. Stuttgart, Schwabachersche Verlagsbuchhandlung. M. 1.50.

Tagesereignisse.

Ein Gauss-Archiv, in welchem unter anderem der handschriftliche Nachlass des grossen Gelehrten untergebracht ist, wurde in den alten Gauss-Zimmern der Göttinger Sternwarte errichtet. Die Archivräume sind durch die Verlegung des geophysikalischen Institutes aus der Sternwarte in das neue Gebäude auf der Höhe des Hainberges gewonnen worden.

Die Akademie der Wissenschaften zu Christiania feiert im September den auf den 5. August fallenden 100. Geburtstag des Mathematikers Niels Abels. An der Feier werden zahlreiche gelehrte Körperschaften teilnehmen, insbesondere die seit 1900 bestehende Akademien-Assoziation, zu der auch die norwegische Akademie gehört.

Die John Hopkins-Universität in Baltimore wird sämtliche Arbeiten von Prof. Henry A. Rowland gesammelt herausgeben, mit der Gedächtnisrede von Prof. Mendenholl und einem Porträt Rowlands. Der Bezugspreis bei Vorausbestellung beträgt M. 21,—. Die Bestellungen sind an Prof. Joseph S. Ames, John Hopkins University Baltimore, Maryland U. S. A. zu senden.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Die Leitung der organischen und anorganischen Abteilung des Tübinger chemischen Laboratoriums wurde für das Sommer-Semester 1902 dem etatsmässigen Extraordinarius für Chemie Professor Dr. Karl Bülow übertragen. Prof. Bülow wird auch die von dem verstorbenen früheren Vorstande Prof. v. Pechmann angekündigte Vorlesung über organische Experimentalchemie abhalten. Privatdozent Dr. Dimroth wird die von dem ins Reichsgesundheitsamt berufenen Prof. Paul sonst abgehaltene Vorlesung über analytische Chemie übernehmen.

Einen Preis von 20000 Francs hat die Pariser Akademie (Institut de France) aus der Desbrousses-Stiftung dem Gelehrten-Ehepaar Curie zuerkannt. Es ist dabei der besondere Wunsch ausgesprochen worden, dass diese Summe zur Fortsetzung der für die Wissenschaft so überaus bedeutsamen Forschungen über das Radium und die anderen strahlenaussendenden Mineralien verwandt werden möchte.

In Utrecht starb der Professor der Mathematik und Naturwissenschaften an der Universität Dr. V. A. Julius im Alter von 61 Jahren.

Der bisherige Privatdozent für Mathematik an der Universität Strassburg, Dr. Emil Timerding aus Strassburg, wurde als Oberlehrer an der oldenburgischen Navigationsschule zu Elsfleth angestellt und hat deshalb auf die venia legendi verzichtet. Timerding hat der mathematischen Fakultät zu Strassburg seit 1897 angehört.

Der Honorar-Professor der Mathematik an der Universität Heidelberg, Cantor, wurde zum Geheimen Hofrat, der ordentliche Professor der Physik an der Universität Freiburg, Himstedt, der ordentliche Professor der Astronomie an der Universität Heidelberg, Valentiner, und der ordentliche Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule Karlsruhe, Wedekind, zu Hofräten ernannt.

Der Vorstand der Deutschen elektrochemischen Gesellschaft hat in Verwirklichung einer seit längerer Zeit bestehenden Absicht bei der diesjährigen Hauptversammlung in Würzburg beschlossen, einen Sachverständigen zum Studium des elektrochemischen Unterrichts und der elektrochemischen Technik nach den Vereinigten Staaten zu entsenden. Der Auftrag ist dem a.-o. Prof. F. Haber erteilt worden. Die Kosten der Reise werden aus einer Zuwendung bestritten, die der bisherige Vorsitzende der Gesellschaft, Prof. J. H. van't Hoff, zu diesem Zwecke gemacht hat.

Der Professor der Experimentalphysik an der Universität Klausenburg, Anton Abt, ist im Alter von 74 Jahren gestorben, in Freiburg i. Br. am 14. d. M., 60 Jahre alt, der Chemiker Professor Dr. Ferdinand Wibel, der von 1878 bis 1893 das von seinem Vater begründete chemische Staatslaboratorium in Hamburg geleitet hat, in Leipzig Professor Dr. Rudolf Arendt, Redakteur des Chem. Centralblattes.

Der Privatdozent an der Bergakademie in Leoben, H. Frhr. Jüptner v. Johnstorff, wurde zum ordentlichen Professor der chemischen Technologie anorganischer Stoffe an der Technischen Hochschule in Wien ernannt.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 18. | 15. Juni 1902. | 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 19 am 18. Juni 1902.

INHALT.



ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über Magnetostriktion von Krystallen ohne Hysteresis.

Von S. Sano.

Theoretische Diskussionen der Elektro- und Magnetostriktion allotroper Körper sind von Hertz[1]), Heaviside[2]) und Pockels[3]) angestellt worden. Doch diese Diskussionen beschränkten sich auf den wichtigsten Fall, dass nämlich die magnetische Polarisation eine lineare Funktion der magnetischen Kraft ist. Das Problem lässt sich leicht auf den Fall ausdehnen, wo die Beziehungen zwischen den beiden Vektorarten verwickelter sind, vorausgesetzt, dass in dem betrachteten Mittel keine magnetische Hysteresis vorhanden ist.

Der Hauptgegenstand dieser Arbeit ist die Aufstellung der Ausdrücke für die vom magnetischen Felde herrührende mechanische Kraft pro Volumeinheit eines derartigen Mediums.

Ich beschränke mich auf die Untersuchung isothermer Veränderungen und unendlich kleiner Zugkräfte. Ebenso will ich annehmen, dass im System keine elektrischen Ströme vorhanden sind.

Betrachten wir ein System, bestehend aus einem permanenten Magneten, dem magnetischen Krystall und aus Luft, die diesen vollständig umgiebt. Wir können in geeigneter Weise annehmen, dass der Krystall durch kontinuierliche Veränderung seiner Eigenschaften durch eine dünne Übergangsschicht an der Grenze des festen Körpers hindurch in Luft übergeht, und zwar können wir diese Übergangsschicht als zum festen Körper gehörig ansehen.

1) Hertz, Wied. Ann. **41**, 369, § 6, 1890. — Ausbreitung der elektrischen Kraft, S. 275, 1892.

2) Heaviside, Proc. Roy. Soc., L, 1891. — Phil. Trans., A, 1892. — Collected Papers, **2**, 521, 1892.

3) Pockels, Arch. d. Math. u. Phys., (2), **12**, 57, 1894.

Es sei W die gesamte Arbeit, die von äusseren Kräften zur Magnetisierung des betrachteten Systems ausgeführt wird, und es mögen χ_m, χ_l, χ die Werte des Integrals

$$\int (\alpha\, d a + \beta\, d b + \gamma\, d c)$$

bezw. für den permanenten Magneten, die Luft und den Krystall bedeuten. Hier sind α, β, γ und a, b, c bezw. die Komponenten der magnetischen Kraft und der magnetischen Induktion; die untere Grenze des Integrals ist so gewählt, dass es gleichzeitig mit α, β, γ verschwindet.

Der feste Körper erfahre eine virtuelle, unendlich kleine Verrückung δu, δv, δw, die stetig von Punkt zu Punkt variiert, während der permanente Magnet und die Luft in Ruhe verbleiben.

Dann ist die Variation von W während der virtuellen Verrückung

$$\delta W = \frac{1}{4\pi}\int \delta\chi_m d\tau_m + \frac{1}{4\pi}\int \delta\chi_l d\tau_l + \frac{1}{4\pi}\int \delta\chi\, d\tau,$$

wo $d\tau_m$, $d\tau_l$, $d\tau$ bezw. die Volumelemente von Magnet, Luft und Krystall sind.

Wenn wir

$$\frac{1}{4\pi}\left(\frac{\partial\,\delta a}{\partial x} + \frac{\partial\,\delta b}{\partial y} + \frac{\partial\,\delta c}{\partial z}\right) = 0$$

mit dem magnetischen Potential multiplizieren, das Resultat über den ganzen Raum integrieren und das schliessliche Ergebnis vom obigen Ausdruck für $d\,W$ abziehen, erhalten wir

$$\delta W = \frac{1}{4\pi}\int [\delta\chi - (\alpha\delta a + \beta\delta b + \gamma\delta c)]\, d\tau.$$

Nun kann man die Variation δ als aus vier Teilen bestehend betrachten: erstens, die Variation, die von der blossen Parallelverschiebung des Elementarteilchens im Punkte (x, y, z) her-

rührt; zweitens, die ausschliesslich von der Rotation des Elementarteilchens herrührende; drittens, die Variation, die auf Rechnung der von der virtuellen Verrückung hervorgebrachten Torsionsänderung kommt; und schliesslich die von der Veränderung von α, β, γ herrührende Variation. Diese vier Teile mögen bezw. mit $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ bezeichnet werden.

Dann kann man obige Gleichung schreiben:

$$(1)\quad \delta w = -\frac{1}{4\pi}\int(\delta_1\psi + \delta_2\psi + \delta_3\psi)\,d\tau,$$

$$\psi = \int(a\,d\alpha + b\,d\beta + c\,d\gamma),$$

wobei die untere Grenze wieder so zu wählen ist, dass das Integral mit α, β, γ gleichzeitig verschwindet.

Unter vorliegender Annahme können wir schreiben

$$\psi = \psi_0 + \psi_1\frac{\partial u}{\partial x} + \psi_2\frac{\partial v}{\partial y} + \psi_3\frac{\partial w}{\partial z}$$

$$+ \psi_4\left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right) + \psi_5\left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}\right) + \psi_6\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right),$$

wo $\psi_0, \psi_1, \ldots, \psi_6$ von den Zugkomponenten unabhängige Funktionen von α, β, γ bedeuten.

Setzen wir

$$a_0 = \frac{\partial\psi_0}{\partial\alpha},\quad b_0 = \frac{\partial\psi_0}{\partial\beta},\quad c_0 = \frac{\partial\psi_0}{\partial\gamma}.$$

Da das Teilchen im Punkte $(x - \delta u, y - \delta v, z - \delta w)$ nach der virtuellen Verrückung den Punkt (x, y, z) einnimmt, ist

$$\delta_1\psi = -\left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)_H\delta u - \left(\frac{\partial\psi}{\partial y}\right)_H\delta v - \left(\frac{\partial\psi}{\partial z}\right)_H\delta w,$$

wo

$$\left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)_H,\ \left(\frac{\partial\psi}{\partial y}\right)_H,\ \left(\frac{\partial\psi}{\partial z}\right)_H$$

die Differentialkoeffizienten von ψ sind, wenn magnetische Kraft- und Zugkomponenten während der Differenziation konstant erhalten werden. Angenähert ist jedoch

$$\frac{\partial\psi_0}{\partial x} = \left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)_H + a_0\frac{\partial\alpha}{\partial x} + b_0\frac{\partial\beta}{\partial x} + c_0\frac{\partial\gamma}{\partial x}$$

$$= \left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)_H + \frac{\partial}{\partial x}(a_0\alpha) + \frac{\partial}{\partial y}(b_0\alpha) + \frac{\partial(c_0\alpha)}{\partial z},$$

— — — — — — —

woraus wir erhalten

$$\delta_1\psi = \left\{\frac{\partial(a_0\alpha - \psi_0)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}(b_0\alpha) + \frac{\partial}{\partial z}(c_0\alpha)\right\}\delta u$$

$$(2) + \left\{\frac{\partial}{\partial x}(a_0\beta) + \frac{\partial}{\partial y}(b_0\beta - \psi_0) + \frac{\partial}{\partial z}(c_0\beta)\right\}\delta v$$

$$+ \left\{\frac{\partial(a_0\gamma)}{\partial x} + \frac{\partial(b_0\gamma)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}(c_0\gamma - \psi_0)\right\}\delta w.$$

Es mögen $\delta_2 x, \delta_2 y, \delta_2 z$ die Komponenten der Variation δ_2 bedeuten, die den drei Rotationskomponenten $\Theta x, \Theta y, \Theta z$ entsprechen, welche das Elementarteilchen infolge der virtuellen Verrückung erfährt. Da laut der gemachten Annahme während der virtuellen Verrückung das Magnetfeld als unveränderlich anzusehen ist mit Bezug auf den absoluten Raum, wenn wir die Variation δ_2 betrachten, so erfährt das Elementarteilchen durch die Rotationskomponente Θx um die X-Achse dieselbe Einwirkung von der magnetischen Kraft wie in dem Falle, wo das Elementarteilchen keine Rotation ausführt, sondern die x- und z-Komponente der magnetischen Kraft sich bezw. in $\beta + \gamma\Theta x$ und $\gamma - \beta\Theta x$ verwandeln, während die x-Komponente desselben Vektors unverändert bleibt. Folglich ist, da ψ eine Skalarfunktion ist, annähernd

$$\delta_{2x}\psi = \left(\gamma\frac{\partial\psi}{\partial\beta} - \beta\frac{\partial\psi}{\partial\gamma}\right)\Theta_x$$

$$= \tfrac{1}{2}\left(b_0\gamma - c_0\beta\right)\left(\frac{\partial\delta w}{\partial y} - \frac{\partial\delta v}{\partial z}\right).$$

Also

$$\delta_2\psi = \tfrac{1}{2}\left(b_0\gamma - c_0\beta\right)\left(\frac{\partial\delta w}{\partial y} - \frac{\partial\delta v}{\partial z}\right) +$$

$$\tfrac{1}{2}\left(c_0\alpha - a_0\gamma\right)\left(\frac{\partial\delta u}{\partial z} - \frac{\partial\delta w}{\partial x}\right) + \tfrac{1}{2}\left(a_0\beta - b_0\alpha\right)$$

$$\left(\frac{\partial\delta v}{\partial x} - \frac{\partial\delta u}{\partial y}\right). \qquad (3)$$

Ebenso

$$\delta_3\psi = \psi\cdot\frac{\partial\delta u}{\partial x} + \psi\frac{\partial\delta v}{\partial y} + \psi_3\frac{\partial\delta w}{\partial z} + \psi_4$$

$$\left(\frac{\partial\delta w}{\partial y} + \frac{\partial\delta v}{\partial z}\right) + \psi_5\left(\frac{\partial\delta u}{\delta z} + \frac{\partial\delta w}{\partial x}\right) + \psi_6$$

$$\left(\frac{\partial\delta v}{\partial x} + \frac{\partial\delta u}{\partial y}\right) \qquad (4)$$

Infolge von (2), (3) und (4) erhält man aus (1) durch partielle Integration

$$\partial W =$$

$$-\frac{1}{4\pi}\int\Bigg[\Bigg\{\frac{\partial}{\partial x}\left(a_0\alpha - \psi_0 - \psi_1\right) + \frac{\partial}{\partial y}$$

$$\left(\tfrac{1}{2}(a_0\beta - b_0\alpha) - \psi_6\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\tfrac{1}{2}(c_0\alpha + a_0\gamma) - \psi_5\right)\Bigg\}$$

$$\delta u + \left\{\frac{\partial}{\partial x}\left(\tfrac{1}{2}(a_0\beta + b_0\alpha) + \psi_6\right) + \frac{\partial}{\partial y}\right.$$

$$\left.\left(b_0\beta - \psi_0 - \psi_1\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\tfrac{1}{2}(b_0\gamma + c_0\beta) - \psi_4\right)\right\}\delta v +$$

$$\left\{\frac{\partial}{\partial x}\left(\tfrac{1}{2}(c_0\alpha + a_0\gamma) - \psi_5\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\tfrac{1}{2}(b_0\gamma + c_0\beta)\right.\right.$$

$$\left.\left. - \psi_4\right) + \frac{\partial}{\partial z}(c_0\gamma - \psi_0 - \psi_1)\right\}\delta w\Bigg]\,d\tau,$$

da an der Oberfläche des Krystalls

$$a_0 = \alpha,\ b_0 = \beta,\ c_0 = \gamma,\ \psi_0 = \psi_2 = \ldots = \psi_6 = 0.$$

Aber

$$\delta W = -\int\left(\Xi\,\delta u + H\,\delta v + Z\,\delta w\right) d\tau,$$

wo Ξ, H, Z die Komponenten der vom Magnetfelde herrührenden mechanischen Kraft pro Volumeinheit sind. Folglich erhalten wir durch Vergleich der beiden letzten Ausdrücke für δW

$$(5)\quad \Xi = \frac{1}{4\pi}\left\{\frac{\partial}{\partial x}(a_0\alpha - \psi_0 - \psi_1) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\tfrac{1}{2}(a_0\beta + b_0\alpha) - \psi_6\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\tfrac{1}{2}(c_0\alpha + a_0\gamma) - \psi_5\right)\right\}$$

— — — — —

Wenn Ax, ... Bz ..... die Zugkomponenten im Äther bedeuten, dann ist

$$-\Xi = \frac{\partial Ax}{\partial x} + \frac{\partial Ay}{\partial y} + \frac{\partial Az}{\partial z},$$

was in Verbindung mit (5) giebt

$$Ax = \frac{1}{4\pi}(\psi_0 - a_0\alpha + \psi_1),$$

$$Bz = Cy = \frac{1}{8\pi}(-b_0\gamma - c_0\beta + 2\psi_4),$$

Offenbar ergeben sich die Ausdrücke für die Komponenten der Oberflächenzüge pro Flächeneinheit, die vom Magnetfelde herrühren und an der Grenzfläche zweier verschiedener Medien wirksam sind, leicht aus (5) und (6).

Da die magnetische Kraft ein Axialvektor ist, lassen sich die Krystalle je nach den verschiedenen Formen von ψ in elf verschiedene Gruppen einteilen. Im Falle eines isotropen Mediums ist

$$\psi_0 = \frac{H^2}{2} + 4\pi\int_0^H k\,H\,dH,$$

$$\psi_1 = -4\pi\int_0^H k'\,H\,dH - 2\pi k''\alpha^2,$$

$$\psi_4 = -2\pi k^4\beta\gamma,$$

wo k die Susceptibilität, k' und k'' die Spannungskoeffizienten und H die Intensität der magnetischen Kraft bedeuten. Dieses Resultat erhält man leicht vermittelst der Erwägung, dass die Richtung der magnetischen Kraft eine unendlich vielzählige Symmetrieachse ist.

Phys. Institut zu Tokyo, März 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 30. April 1902.)

Ionenenergie gasförmiger Elemente, metallischer Zustand, Vorzeichen der elektrolytischen Dissoziation.

Von J. Stark.

1. Prinzipien der Theorie der Ionisierung durch Ionenstoss. — In mehreren in den Annalen der Physik veröffentlichten Abhandlungen [1]) wurde die Theorie der Ionisierung von Gasen durch Ionenstoss entwickelt. Unterdessen sind von verschiedenen Seiten [2]) Versuche veröffentlicht worden, welche einerseits zum Teil im Einklang stehen mit den entwickelten theoretischen Anschauungen, andererseits zum Teil durch die Theorie erst in das rechte Licht gerückt werden. Jene Versuche und die auf ihnen fussenden theoretischen Entwicklungen dürfen für die experimentelle und theoretische Forschung eine weittragende Bedeutung beanspruchen.

Die Grundgedanken der Theorie der Ionisierung durch Ionenstoss sind folgende. Ein bewegtes Ion vermag mit seiner kinetischen Energie durch seinen Stoss ein neutrales Gasteilchen in ein freies positives und negatives Ion zu zerlegen. Nach der Ionisierung besitzen die zwei Ionen in Bezug aufeinander infolge der Änderung ihrer Lage eine potentielle Energie von ganz bestimmtem Betrage, die Ionenenergie. Die Arbeit, welche bei der Ionisierung aufgewendet wird, heisst Ionisierungsarbeit und wird geleistet von der kinetischen Energie des stossenden Ions; sie muss grösser oder mindestens gleich sein der Ionenenergie. Die zur Ionisierung notwendige kinetische Energie gewinnt ein Ion, indem es eine Spannungsdifferenz ΔV_f im elektrischen Felde frei ohne Zusammenstoss durchläuft. Das Minimum dieser Spannungsdifferenz ΔV_m, das zur Leistung der Ionisierungsarbeit gerade ausreicht, heisst Ionisierungsspannung. Die Ionisierung kann sich vollziehen im Gasinnern oder in der Grenzschicht des Gases gegen ein Metall, noch innerhalb der Wirkungssphäre der Metallteilchen; in diesem Fall ist die Ionisierungsspannung und somit auch die Ionenenergie kleiner als in jenem Fall. Die Ionisierungsspannung des negativen Elektronions ist dank seiner geringen Masse beträchtlich kleiner als diejenige des positiven Ions.

2. Bedeutung der Ionisierung durch Ionenstoss für die Erforschung der elektrischen Selbstentladung und der selbständigen Strömung. — Die Gase nehmen als Leiter des elektrischen Stromes gegenüber

1) Ann. d. Physik, 4, 402, 1901; 7, 417, 919, 1902; 8, Juliheft 1902.

2) J. S. Townsend, Phil. Mag. (6) 1, 198, 1901; J. S. Townsend u. P. J. Kirkby, Phil. Mag. (6) 1, 630, 1901; J. A. Mc. Clelland, Proc. Cambridge Soc. 11, 296, 1901; P. J. Kirkby, Phil. Mag. (6) 3, 212, 1902; Ph. Lenard, Ann. d. Physik, 8, 188, 1902.

den gewöhnlichen metallischen und elektrolytischen Leitern eine Ausnahmestellung ein. Das Verständnis der elektrischen Strömung in Gasen hat auszugehen von der Erkenntnis jenes Unterschiedes.

Die gewöhnlichen metallischen und elektrolytischen Leiter besitzen von vornherein ohne künstliche Energiezufuhr von aussen Ionisation (freie Ionen in der Volumeneinheit); bei Gasen ist die Selbstionisation bei Ausschluss künstlicher Energiezufuhr von aussen gering, sie verhalten sich darum unter gewöhnlichen Umständen wie Isolatoren. Die Überführung eines Gases aus dem nichtionisierten in den ionisierten Zustand bedeutet eine Zustandsänderung, speziell eine Lageänderung positiver und negativer Elementarquanten; wie jede mit einer Vermehrung der potentiellen Energie verknüpfte Zustandsänderung verzehrt die Ionisierung von Gasen Energie.

Die zur Ionisierung notwendige Energie kann einem Gase erstens sekundär von aussen zugeführt werden. Als sekundäre Ionisatoren von Gasen sind bis jetzt bekannt hohe Temperatur, Röntgen-, Becquerel-, ultraviolette Strahlen. Ein sekundär ionisiertes Gas verhält sich hinsichtlich der Stromleitung wie ein gewöhnlicher Leiter mit Selbstionisation; bei Ausschluss innerer elektromotorischer Gegenkräfte ist bei beliebig kleiner Elektrodenspannung eine elektrische Strömung durch dasselbe möglich.

Die zur Ionisierung notwendige Energie kann einem Gase zweitens von einem in ihm liegenden elektrischen Spannungsfelde zugeführt werden; dies geschieht dadurch, dass sekundär vorhandene Ionen eine Spannungsdifferenz frei durchlaufen, dabei elektrische Energie an sich in kinetischer Form ansammeln und dann ein neutrales Teilchen in freie Ionen durch ihren Stoss zerlegen. Solange auf der freien Weglänge der wenigen sekundär vorhandenen Ionen nicht die Ionisierungsspannung der betreffenden Ionen liegt, solange ist in der betreffenden Gaspartie keine Ionisierung durch Ionenstoss möglich, solange verhält sich das Gas wie ein Isolator, indem es keine beträchtliche Stromleitung ermöglicht. Der Übergang aus dem nichtionisierten in den ionisierten Zustand infolge der Wirkung des Ionenstosses ist die elektrische Selbstentladung. Eine Srömung, welche unabhängig von einem sekundären Ionisator vermöge der elektrischen Energie ihres eigenen Feldes durch den Stoss ihrer Ionen selbst ihre Ionisation sich schafft und aufrecht erhält, heisst selbständig. Sie ist von der unselbständigen Strömung in den sekundär ionisierten Gasen und in den gewöhnlichen metallischen und elektrolytischen Leitern prinzipiell verschieden; sie ist nämlich nur oberhalb eines gewissen Minimums der Elektrodenspannung (Minimalspannung) möglich.

Man versteht, dass die Analyse der elektrischen Selbstentladung (Ann. d. Physik **7**, 919, 1902), der selbständigen Strömung (Ann. d. Physik **7**, 417, 1902), der gemischt unselbständigen Strömung (Ann. d. Physik, Juliheft 1902) und des Einflusses der Temperatur auf die Ionisirung (Ann. d. Phys., Juliheft 1902) nur auf Grund der Ionenstosstheorie möglich sein wird. Die experimentelle Erforschung der in Betracht kommenden Erscheinungen gewinnt durch diese Theorie weitreichende Gesichtspunkte und dankenswerte Aufgaben.

3. Bedeutung der Ionisierung durch Ionenstoss für das elektrische Leuchten der Gase. — Gegenwärtig vertritt ein Teil der Physiker weit auseinandergehende Ansichten über das Wesen des elektrischen Leuchtens der Gase, der andere Teil hält eine Erklärung desselben für verfrüht.

Hat man einerseits erkannt, welche Energiemengen die Ionen in Gasen an sich ansammeln, welch riesige Geschwindigkeit die negativen Elektronionen gewinnen können, hat man sich andererseits mit der Vorstellung vertraut gemacht, dass durch den Stoss eines mit ungeahnter Geschwindigkeit heranschiessenden Ions ein neutrales Atom so mächtig in seinem Gefüge erschüttert wird bis zur Lostrennung eines negativen Elektrons, so kann man sich der Frage nicht mehr erwehren, ob nicht bei der Ionisierung durch Ionenstoss an dem zurückbleibenden Atomion durch die sehr schnell verlaufende Änderung der elektromagnetischen Felder seiner Elektronen elektromagnetische Ausstrahlung verursacht wird.

An anderer Stelle soll der Zusammenhang zwischen der Ionisierung durch Ionenstoss und dem elektrischen Leuchten der Gase dargelegt werden. Hier genüge der Hinweis auf folgende zwei Thatsachen. In einem elektrisch durchströmten Gase tritt an einer Stelle das elektrische Leuchten erst dann in merklicher Stärke auf, wenn dort die Ionisierung durch Ionenstoss beginnt. Ist ein Gemisch von zwei Gasen vom Glimmstrom durchflossen, so ist bei höherem Druck nur das Spektrum desjenigen Gases wahrzunehmen, für welches die Ionisierungsspannung des negativen Elektronions kleiner ist, welches also leichter ionisiert wird.

4. Mittlere freie Weglänge der Ionen und Ionisierungsspannung als neues Charakteristikum für Gase, Kathodenfall als neues Charakteristikum für Metalle. — Wir müssen jedes neue Charakteristikum der Materie willkommen heissen; einerseits bedeutet es an sich eine Bereicherung der Erkenntnis der physikalischen Erscheinungswelt, andererseits wirft es unter Umständen auf andere schon bekannte Eigenschaften oder Beziehungen ein aufklärendes Licht. Als neue Eigen-

schaft der Gase haben wir die mittlere freie Weglänge der Ionen in ihnen zu betrachten, sowohl diejenige des positiven, wie diejenige des negativen Ions; beide sind voneinander und von derjenigen des Moleküls verschieden. Untersucht muss werden die Abhängigkeit der mittleren freien Weglänge von dem Gasdruck, der Geschwindigkeit und der Temperatur.

Ein ungleich wichtigeres Charakteristikum stellen die Ionisierungsspannungen für ein Gas dar. Es existieren deren für ein jedes Gas im ganzen vier; die Ionisierungsspannung des positiven und des negativen Ions je im Gasinnern und in der Grenzschicht gegen ein Metall. Aus den bis jetzt vorliegenden in dieser Hinsicht recht kümmerlichen Messungen seien für die Ionisierungsspannung des negativen Elektronions im Gasinnern folgende ungefähre Werte entnommen: Wasserstoff 33, Stickstoff 45, Sauerstoff 50 Volt; noch kleiner als in Wasserstoff ist die Ionisierungsspannung in Quecksilberdampf und wahrscheinlich im Dampf sämtlicher anderer Metalle.

Die Ionisierungsspannung des positiven Ions für ein Gas gegen ein Metall ist gleich dem normalen Kathodenfall. In ihr zeigt sich ein eigentümlicher Einfluss der Metallteilchen auf die Ionisierung eines Gases in ihrer Wirkungssphäre. Der normale Kathodenfall erscheint darum sowohl für ein Gas wie für ein Metall als ein ganz eigenartiges Charakteristikum.

5. Ionenenergie der Elemente im gasförmigen Zustand. — Die Untersuchung der Kathodenstrahlen in verschiedenen Gasen hat ergeben, dass die negativen Elektronionen in den verschiedenen Fällen gleichartig sind. Die Untersuchung der aus einem Metall[1]) durch ultraviolette Bestrahlung frei gemachten negativen Elektronionen hat für diese Übereinstimmung mit denjenigen in Gasen ergeben. Dadurch erscheint die Hypothese motiviert, dass alle chemischen Elemente wenigstens ein negatives Elektron in ihrem Gefüge besitzen, das in ihnen allen die gleiche Masse und elektrische Ladung besitzt.

Ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal stellt für die verschiedenen chemischen Elemente das Atomgewicht und das Spektrum dar. Für die Erforschung und das Verständnis der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente wird die Einführung und das Studium eines dritten charakteristischen Merkmals von einer weittragenden Bedeutung sein. Dies ist die Ionenenergie, d. h. die Differenz potentieller Energie des allen Elementen gemeinsamen negativen Elektrons im freien und im gebundenen Zustande.

Die Ionenenergie des negativen Elektrons in Bezug auf ein positives Atomion ist, wie an anderer Stelle bereits dargelegt wurde, abhängig von der Art des Mediums, in dem sich das Elektron zusammen mit seinem Atomion befindet. Den grössten Wert besitzt sie im reinen Äther (Dielektrizitätskonstante Eins). Da die Dielektrizitätskonstante schwach ionisierter Gase nur wenig von Eins verschieden ist, so ist die Ionenenergie der Elemente im gasförmigen Zustande nur wenig kleiner als die auf den reinen Äther bezogene Ionenenergie.

Nun besitzen wir zwar bis jetzt noch kein Mittel, die Ionenenergie selbst für die verschiedenen Elemente im gasförmigen Zustand zu bestimmen. Indes können wir doch obere Grenzwerte für dieselbe angeben. Wie schon oben gesagt wurde, ist die Ionisierungsarbeit grösser oder mindestens gleich der Ionenenergie; die Ionisierungsarbeit ist aber gleich der Ionisierungsspannung. Da die Ionisierungsspannung des negativen Elektronions die kleinste bis jetzt bekannte Ionisierungsarbeit ist, so stellt sie eine obere Grenze der Ionenenergie der verschiedenen Elemente im gasförmigen Zustand dar. Wir dürfen vermuten, dass die Ionenenergie unter sonst gleichen Umständen um so kleiner ist, je kleiner die Ionisierungsspannung des negativen Elektronions für das betreffende Element ist.

Für die Ionenenergie der Elemente im gasförmigen Zustand kann bis jetzt folgende von kleinen zu grösseren Werten laufende Reihe aufgestellt werden: Metalle (Quecksilber), Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff.

In anderem als im gasförmigen, nämlich im flüssigen oder festen Zustand ist die Ionenenergie der Elemente kleiner; beeinflusst wird die Ionenenergie eines Elementes auch dadurch, dass es in Mischung (Lösung, chemische Verbindung) mit anderen Elementen gebracht wird. Indes werden sich auch in diesen Fällen bei angenähert gleichen Umständen die Elemente hinsichtlich ihrer Ionenenergie in nahezu derselben Reihe ordnen wie im gasförmigen Zustande.

6. Selbstionisation der Elemente, metallischer Zustand. — Die Verschiedenheit der Ionenenergie der verschiedenen chemischen Elemente hat wichtige Folgen in deren physikalischem und chemischem Verhalten. Wir beschränken uns hier darauf, einige Folgerungen für die Ionisierung oder die elektrische (elektrolytische) Dissoziierung zu ziehen. Folgende Sätze können wir vorderhand als Regeln, wenn auch nicht als ausnahmsfreie Gesetze, aufstellen.

Für verschiedene Elemente ist unter sonst gleichen Umständen die Ionisierungsarbeit um

1) Vergl. E. Riecke, Elektronentheorie der Metalle. Wied. Ann. 66, 357, 1899.

so kleiner, je kleiner ihre Ionenenergie ist; oder aus einem Atom wird um so leichter, bei Aufwand von um so kleinerer Energie ein negatives freies Elektron (Elektronion) gewonnen, je kleiner seine Ionenenergie ist.

In der Volumeneinheit eines Elementes (Metalles, elementaren Gases) ist bei gewöhnlicher Temperatur immer ein Teil der Atome elektrisch dissoziiert oder ionisiert. Diese Selbstionisation hängt einmal von dem Aggregatzustande ab, sie ist im flüssigen und festen Zustande grösser als im gasförmigen, in diesem ist sie nur mit besonderen Methoden nachweisbar. Sodann hängt die Selbstionisation von der Ionenenergie des betreffenden Elementes ab; unter sonst gleichen Umständen ist sie um so grösser, je kleiner die Ionenenergie in dem betreffenden Falle ist. Die grosse Selbstionisation der Metalle im festen oder flüssigen Zustand erklärt sich daraus, dass die Ionenenergie der Metalle kleiner ist als diejenige der elementaren Gase (Stickstoff, Chlor, Sauerstoff u. s. w.) und der übrigen Metalloide wie Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff. Der metallische Zustand ist demgemäss charakterisiert durch die Selbstionisation und diese wird ihrerseits bestimmt durch die Ionenenergie.

7. Vorzeichen der elektrolytischen Dissoziation. — Die Selbstionisation eines Elementes (Metalles, elementaren Gases) beruht darauf, dass eine Anzahl ursprünglich neutraler Teilchen in ein freies negatives Elektron und ein positives Restion (Atomion) zerfallen ist. Hierbei kann das freie negative Elektron entweder für sich allein, unbeladen mit fremder neutraler Masse (Elektronion) oder gebunden an ein oder mehrere neutrale Atome (Molion, von moles = Masse) auftreten.

Die Ionenenergie ist, wie schon mehrmals betont wurde, abhängig von der Art des Mediums, in dem sich das betreffende Element befindet. Bringt man beispielsweise neutrale Wasserstoff-, Sauerstoff-, Stickstoff- oder Metallatome für sich oder als Bestandteile einer chemischen Verbindung in Wasser oder eine andere Flüssigkeit, so wird ihre Ionenenergie kleiner. Dieser Erscheinung ist analog die Erniedrigung der Ionenenergie und Ionisierungsarbeit durch ein Metall in einer an sie grenzenden Gasschicht (katalytische Wirkung eines Metalles bei der Ionisierung von Gasen, Ann. d. Physik **7**, 419, 433, 1902).

Die Ionisierung (elektrolytische Dissoziierung) von chemischen Verbindungen (Säuren, Metallsalzen) in Lösungen beruht wie die Selbstionisierung der Elemente darauf, dass sich von einem elementaren Bestandteil (Atom) der Verbindung ein negatives Elektron loslöst und jenen elementaren Bestandteil positiv und frei zurücklässt. Das positive Ion ist darum auch in diesem Falle ein Atom oder Atomgruppe (Atomion); das von ihm freiwerdende negative Elektron bleibt indes nunmehr nicht unbeladen mit fremder neutraler Masse, sondern wird zumeist von dem anderen, negative Elektronen stärker anziehenden, metalloidalen Bestandteil der zerlegten chemischen Verbindung festgehalten; das negative Ion in den gewöhnlichen Elektrolyten ist darum ein Molion.

Stellt man sich auf den vorstehenden Standpunkt, so kann man folgenden Satz aufstellen. In einer Lösung verliert derjenige Bestandteil einer chemischen Verbindung leichter sein negatives Elektron und wird positiv, für welchen die Ionenenergie kleiner ist. Da die Metallionen in Lösungen in der Regel positiv, die ein oder mehrere Metalloide enthaltende Radikalionen negativ sind, so müssen wir schliessen, dass für jene die Ionenenergie kleiner ist als für diese; so werden bei der elektrolytischen Dissoziierung von HCl, HNO_3, $HgCl_2$ die Ionen H und Hg positiv, Cl und NO_3 negativ. Dies steht in Übereinstimmung damit, dass im gasförmigen Zustand die Ionenenergie (Ionisierungsspannung) der Metalle (H, Hg) kleiner ist als diejenige der Metalloide (Cl, N, O).

8. Schlussbemerkung. — Der Zweck der vorliegenden Mitteilung ist nicht und kann nicht sein, auf so beschränktem Raume eine ausführliche, streng geschlossene Theorie zu geben; für eine solche fehlt zur Zeit noch eine hinreichend breite und sichere experimentelle Grundlage. Der wesentliche Zweck der vorliegenden Mitteilung ist, auf die Bedeutung aufmerksam zu machen, welche die Ionisierung der Gase durch Ionenstoss besitzt, insbesondere als Eingangsthor in ein neues Land, in die Energetik des chemischen Atoms.

Göttingen, den 1. Mai 1902.

(Eingegangen 10. Mai 1902.)

Zeemaneffekt und Elektronenladung.

Von Eduard Riecke.[1])

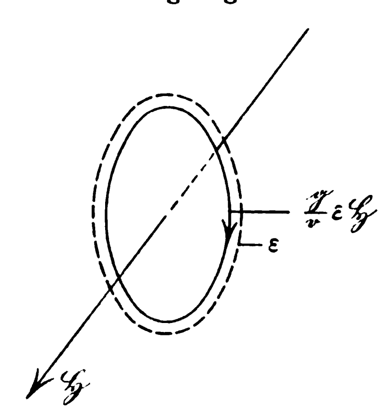
Lorentz ersetzt in seiner elementaren Theorie des normalen Zeemaneffektes die lineare Schwingung eines Elektrons durch drei Komponenten, eine lineare Komponente p, parallel mit der Richtung der Kraftlinien, zwei cirkulare Komponenten c_r und c_l in einer zu den Kraftlinien senkrechten Ebene. Er ersetzt dann die Wirkung des Magnetfeldes auf die ursprüngliche, beliebig orientierte Schwingung durch seine Wirkung auf die drei Komponenten so, als ob diese von drei verschiedenen Elektrons ausgeführt würden. Wir betrachten zunächst die rechts cirkulare Schwingung c_r.

1) Vorgetragen in der phys. Gesellsch. zu Göttingen.

Solange das Feld nicht erregt ist, besteht Gleichgewicht zwischen der nach dem Mittelpunkte des Kreises gerichteten Anziehung fr und der Centrifugalkraft $4\pi^2 n^2 r \mu$; hier bezeichnet r den Halbmesser des Kreises, n die Schwingungszahl, μ die Masse des Elektrons. Wir erhalten die Beziehung:

$$4\pi^2 n^2 \mu = f.$$

Wird das Feld erregt, und haben die Kraftinien die in der Figur gezeichnete Richtung,



so wirkt nach aussen eine elektromagnetische Kraft von der Stärke $\frac{\mathfrak{g}}{v} \varepsilon \mathfrak{H}$. Hier ist $\mathfrak{g}$ die Bahngeschwindigkeit des Elektrons, ε seine Ladung, $\mathfrak{H}$ die Stärke des Magnetfeldes, v die Lichtgeschwindigkeit. Die Bahn des Elektrons wird durch die Wirkung des Magnetfeldes erweitert; bezeichnen wir den neuen Bahnhalbmesser mit r_1, die neue Schwingungszahl mit n_1, so ist

$$\mathfrak{g} = 2\pi n r = 2\pi n_1 r_1.$$

Die Gleichgewichtsbedingung für die erweiterte Kreisbahn ist:

$$f r_1 = 4\pi^2 n_1^2 r_1 \mu + \frac{2\pi n_1 r_1}{v} \varepsilon \mathfrak{H}.$$

Setzen wir hier für f den zuvor angegebenen Wert, so ergiebt sich die Gleichung:

$$n^2 - n_1^2 = \frac{1}{2\pi} \frac{\varepsilon}{v\mu} \mathfrak{H} n_1.$$

Wenden wir dieselbe Betrachtung an auf ein links rotierendes Elektron, so ergiebt sich für seine Schwingungszahl im Magnetfelde:

$$n_2^2 - n^2 = \frac{1}{2\pi} \frac{\varepsilon}{v\mu} \mathfrak{H} n_2.$$

Die Addition der Gleichungen giebt die bekannte Formel für die Schwingungsdifferenz der äusseren Linien eines Triplets:

$$n_2 - n_1 = \frac{1}{2\pi} \frac{\varepsilon}{v\mu} \mathfrak{H}.$$

Zeeman hat diese Formel angewandt auf das Triplet des Kadmiums. Hier ist in einem Felde von 32000 Einheiten $n_2 - n_1 = 12{,}62 \times 10^{10}$; daraus folgt:

$$\frac{\varepsilon}{\mu} = 743 \times 10^{15}.$$

Der durch die Gleichung für $n_2 - n_1$ gegebene Zusammenhang zwischen dem Zeemaneffekte und der Elektronenladung kann aber noch allgemeiner gefasst werden. Nach den Messungen von Runge und Paschen[1]) wird die erste Linie der zweiten Nebenserie des Quecksilbers im Magnetfelde in 9 Linien zerlegt; ordnet man diese Linien nach ihren Schwingungszahlen, so haben sie alle untereinander denselben Abstand u, und zwar ist in einem Magnetfelde von der Stärke 24600 die Schwingungsdifferenz zweier benachbarter Linien $u = 1{,}62 \times 10^{10}$. Will man diese Differenz vergleichen mit der Schwingungsdifferenz benachbarter Linien des Kadmiumtriplets, so muss man die Differenzen auf gleiche Feldstärken reduzieren. Dieses geschieht durch Division mit der Feldstärke. Die so erhaltenen Zahlen werden wir reduzierte Fundamentalabstände nennen. Bei dem Triplet des Kadmiums werde der reduzierte Fundamentalabstand mit w_1 bezeichnet; dann ist:

$$2 w_1 = \frac{n_2 - n_1}{\mathfrak{H}} = \frac{1}{2\pi} \frac{\varepsilon}{v\mu}.$$
$$= \frac{12{,}62 \times 10^{10}}{32000}.$$

Somit

$$w_1 = 19{,}69 \times 10^5.$$

Andererseits ist bei Quecksilber nach Paschen und Runge:

$$u_1 = \frac{1{,}62 \times 10^{10}}{24600} = 6{,}58 \times 10^5,$$

und daher

$$2 w_1 = 6 u_1.$$

Daraus folgt, dass je zwei Linien des Quecksilbers, deren reduzierte Schwingungszahlen sich um das Sechsfache des Fundamentalabstandes u_1 unterscheiden, denselben Wert von $\frac{\varepsilon}{\mu}$ geben, wie die Kadmiumlinien. Man kann eine grosse Reihe solcher Linienpaare finden, da der Fundamentalabstand u_1 für die magnetische Zerlegung aller Linien der zweiten Nebenserie des Quecksilbers massgebend ist. Der so gefundene Wert $\frac{\varepsilon}{\mu} = 743 \times 10^{15}$ weicht erheblich ab von dem aus der Theorie der Kathodenstrahlen folgenden $\frac{\varepsilon}{\mu} = 559 \times 10^{15}$. Man wird den Grund für diese Abweichung zunächst darin finden, dass die elementare Theorie des Zeemaneffektes auf die komplizierten Zerlegungen der Serienlinien des Quecksilbers überhaupt nicht anwendbar ist. Es fällt aber auf, dass 559 nahezu gleich $\frac{3}{4}$ von 743 ist. Die Gleichungen:

$$\frac{3}{2} w_1 = \frac{9}{2} u_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\varepsilon}{v\mu}$$

1) Über die Strahlung des Quecksilbers im magnetischen Felde. Abh. d. k. Preuss. Akad. d. Wiss. 1902.

müssen also nahezu denselben Wert für $\frac{\varepsilon}{\mu}$ geben, wie die Messungen an Kathodenstrahlen. Nun ist

$$\frac{9}{2} u_1 = 29{,}61 \times 10^5.$$

Man kann hiernach sagen, dass alle Linienpaare, deren reduzierter Abstand $29{,}61 \times 10^5$ beträgt, für $\frac{\varepsilon}{\mu}$ den Wert der Kathodenstrahlen geben müssen.

Im Spektrum des Quecksilbers treten nun neben den Serien noch isolierte Linien auf, die im Magnetfelde in Triplets zerlegt werden. Der Abstand der äusseren Linien dieser Triplets ist nach Paschen und Runge in einem Magnetfelde von der Stärke 24600 im Mittel gleich $2{,}43 \times 3 \times 10^{10}$; der reduzierte Abstand gleich $\frac{2{,}43 \times 3 \times 10^{10}}{24600} = 29{,}63 \times 10^5$, also sehr nahe gleich $\frac{9}{2} u_1$ Man kann hieraus schliessen, dass die Triplets der isolierten Quecksilberlinien für $\frac{\varepsilon}{\mu}$ nahe denselben Wert geben müssen wie die Kathodenstrahlen. In der That ergiebt sich aus der Gleichung:

$$29{,}63 \times 10^5 = \frac{1}{2\pi} \frac{\varepsilon}{v\mu}$$

$$\frac{\varepsilon}{\mu} = 558{,}5 \times 10^{15},$$

also beinahe genau derselbe Wert wie bei den Kathodenstrahlen.

Es liegt nahe zu vermuten, dass alle wahren Triplets denselben Wert von $\frac{\varepsilon}{\mu}$ geben werden, und dass die bei dem Kadmiumtriplet gefundene Abweichung daher rührt, dass dieses kein wirkliches Triplet ist. Das Kadmium gehört zu der Gruppe des Quecksilbers; die blaue Kadmiumlinie ist eine Linie der zweiten Nebenserie, und zwar die zweite Linie des ersten Triplets. Bei dem Quecksilber wird aber nach den Messungen von Paschen und Runge die entsprechende Linie im Magnetfelde in 6 Linien zerlegt, deren reduzierte Abstände durch das Schema gegeben werden:

$$-4u_1, \ -3u_1, \ -u_1, \ +u_1, \ +3u_1, \ +4u_1.$$

Nach Analogie muss man schliessen, dass auch die Kadmiumlinie im Magnetfelde in 6 Linien zerlegt wird. Aus der Beziehung $2w_1 = 6u_1$ folgt dann, dass die äusseren Linien des scheinbaren Kadmiumtriplets den Linien $-3u_1$ und $+3u_1$ des Quecksilbers entsprechen.[1])

1) Die vorstehenden Betrachtungen lassen eine gewisse Erweiterung zu auf Grund neuerer Ergebnisse, über welche Herr Runge in einer Sitzung der physikalischen Gesellschaft zu Göttingen berichtet hat. Herr Runge war so freundlich, uns einen Auszug aus seinem Vortrage zuzusenden, der in der nächsten Nummer der Zeitschrift erscheinen wird.

(Eingegangen 31. Mai 1902.)

Bemerkung über die Messung der luftelektrischen Zerstreuung bei Ballonfahrten.

Von R. Börnstein.

Gelegentlich der Berliner Tagung der internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt kam eine Besprechung und Vereinbarung zu stande, laut deren man bei künftigen Fahrten in gleichmässiger Weise Zerstreuungsmessungen mit dem Apparat der Herren Elster und Geitel anstellen wollte, wie es durch die Herren Ebert und Linke ja bereits mehrfach und erfolgreich ausgeführt wurde. Wenn, wie zu hoffen, es sich dabei um Hochfahrten handelt, so dürfte die gelegentliche Beobachtung, über die ich nachstehend berichte, Anlass zur Vermeidung störender lichtelektrischer Wirkung geben.

Ein Zerstreuungsapparat der erwähnten Art war im Zimmer aufgestellt, der mit schwarzem Papier überzogene Zerstreuungskörper befand sich an seinem Platz und in leitender Verbindung mit den Aluminiumblättchen, ihn umgab der aus geschwärztem Messing bestehende und zur Erde abgeleitete Schutzcylinder ohne seinen Deckel. Durch positive Ladung des Zerstreuungskörpers wurden die Blättchen in starker Divergenz gehalten. Als nun zufällig die Strahlen einer elektrischen Bogenlampe schräg von oben her auf den Apparat fielen, verschwand die Divergenz der Blättchen sogleich. Durch naheliegende Versuche konnte festgestellt werden, dass es die Innenseite des Schutzcylinders war, an welcher diese Lichtwirkung ihren Sitz hatte. Die ultravioletten Strahlen des durch keine Glasschicht beeinflussten elektrischen Lichtes verursachten an der erwähnten Stelle das Ausströmen negativer Elektrizität, durch welche die positive Ladung des benachbarten Zerstreuungskörpers alsbald neutralisiert wurde. Auch die Aussenseite des Schutzcylinders konnte, wenn sie mit der Erde verbunden und neben dem positiv geladenen Zerstreuungskörper bestrahlt wurde, die Entladung herbeiführen.

Nun enthält allerdings das Sonnenlicht bei unserer gewöhnlichen, am Boden ausgeführten Beobachtungsweise viel weniger ultraviolette Strahlen, als das elektrische Bogenlicht. Und die Herren Elster und Geitel haben auch im Gebirge bis zu 3000 m Meereshöhe ausdrücklich festgestellt, dass die Teile ihres Zerstreuungsapparates „nicht lichtelektrisch" sind, d. h. durch Sonnenlicht nicht zur Abgabe negativer Elektrizität veranlasst werden. Aber wir wissen

nicht, ob die freie Atmosphäre ebenso auf die Strahlen wirkt, wie die den Bergen benachbarte Luft; und wir wissen noch weniger, welchen Betrag an ultravioletter Strahlung dasjenige Sonnenlicht enthält, das bei Hochfahrten, also in 6000 m Höhe und darüber, auf die Apparate einwirken würde. Und darum dürfte es sich für Hochfahrten empfehlen, denjenigen Apparatteilen, welche von Sonnenstrahlen getroffen werden können, eine Oberfläche zu geben, welche ganz zweifellos keine merkliche Reaktion auf ultraviolettes Licht zeigt. Ein einfacher Weg, der zu diesem Ziele führen würde, besteht in der Bekleidung der betreffenden Flächen mit einer geeigneten Papiersorte.

(Eingegangen 2. Juni 1902.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Frage des durch die elektrische Konvektion erzeugten Magnetfeldes und über andere ähnliche Fragen.[1])

Von A. Righi.

1. Einleitung.

Es ist bekannt, dass die Maxwellsche Theorie die Erzeugung eines Magnetfeldes durch bewegte elektrische Ladungen voraussehen lässt, und dass diese Annahme durch die von Rowland[2]) im Jahre 1876 vorgenommenen und von ihm selbst und Anderen später wiederholten Versuche vollauf bestätigt worden ist.

Es wird zweckmässig sein, wenn wir hier gleich drei andere Erscheinungen in Betracht ziehen, deren Existenz sich gleichfalls aus der Theorie ergiebt, und welche mit der soeben erwähnten in einem gewissen Zusammenhange stehen. Ich werde deshalb meine Betrachtungen auf die folgenden vier Erscheinungen erstrecken:

I. Eine in Bewegung begriffene elektrische Ladung muss ein Magnetfeld erzeugen.

II. Beim Entstehen oder Verschwinden, sowie bei einer Veränderung eines Magnetfeldes muss ein elektrisches Feld entstehen.

III. Ein in Bewegung begriffener Magnetpol muss ein elektrisches Feld erzeugen.

IV. Ein Magnetfeld muss jedesmal entstehen, wenn ein elektrisches Feld entsteht, verschwindet oder Veränderungen erleidet.

Von diesen Erscheinungen kann die zweite, wie Lippmann 1889[3]) gezeigt hat, als Folge aus der ersten und dem Prinzip der Erhaltung der Energie gelten.

Die dritte und vierte, die auf die gleiche Weise miteinander verknüpft sind, ergeben sich aus den beiden ersten auf Grund der Reziprozität zwischen den elektrischen und magnetischen Kräften, wie sie uns in den Fundamentalgleichungen in der Gestalt, die sie durch Hertz erhalten haben, am evidentesten entgegentritt.

Für denjenigen, dem die erste Erscheinung als durch das Experiment erwiesen gilt, kann das wirkliche Bestehen der drei übrigen keinem vernünftigen Zweifel unterliegen. Und obgleich eine durchaus sichere experimentelle Bestätigung für die zweite Erscheinung noch nicht erreicht, und für die letzten beiden die experimentelle Bestätigung meines Wissens noch nicht einmal versucht worden ist, so muss doch der Nachweis der ersten der obigen Erscheinungen notwendigerweise auch die Überzeugung von der Existenz der drei übrigen mit sich bringen.

Neuerdings jedoch haben die Versuche des Herrn Crémieu den Schatten eines Zweifels auf das thatsächliche Bestehen des von Rowland konstatierten Phänomens geworfen; auf Grund seiner Versuche hat sich der französische Physiker sogar zu dem Ausspruche berechtigt geglaubt, dass die elektrische Konvektion kein Magnetfeld erzeuge.

Wollten wir diese mit solcher Entschiedenheit vorgetragene Schlussfolgerung ohne weiteres acceptieren, so müssten wir eine Theorie, die doch, zumal in den letzten Jahren, so viele glänzende Bestätigungen erhalten hat, entweder vollständig aufgeben, oder wir müssten uns zum mindesten zu einer einschneidenden Abänderung derselben verstehen. Wir sehen somit, dass die Frage, ob durch die elektrische Konvektion ein magnetisches Feld erzeugt wird oder nicht, gegenwärtig eine grundlegende Bedeutung erlangt, und dass keine Erörterung oder Thatsache, die auch nur im mindesten zu ihrer Lösung beitragen kann, vernachlässigt werden darf.

Diese Betrachtung mag die gegenwärtige Mitteilung rechtfertigen, die vor allem eine kritische Übersicht über die von den verschiedenen Verfassern angestellten Versuche und die aus denselben gezogenen Schlussfolgerungen enthalten soll.

2. Die Versuche von Rowland, Lecher u. a.

Bei seinen ersten Versuchen liess Rowland, nach einer von Helmholtz darüber gemachten

1) Vortrag auf der fünften Jahresversammlung der italienischen physikalischen Gesellschaft in Bologna am 25. September 1901.

2) Pogg. Ann. **158**, 487.

3) C. R. **89**, 151.

Mitteilung[1]), auf eine der beiden Nadeln eines überaus empfindlichen astatischen Systems eine mit Elektrizität geladene und in rascher Drehung um ihre Achse begriffene Scheibe wirken. Zumeist bestand diese Scheibe aus vergoldetem Ebonit, wobei manchmal die Vergoldung in einzelne Sektoren zerlegt war, um die Entstehung von Strömen in der Metallschicht durch Induktion seitens des magnetischen Feldes der Erde abzuschwächen.

Auch eine rotierende Glasscheibe, deren Ladung durch feste, nach Art der Kämme einer Influenzmaschine angeordnete Kämme erfolgte, kam zur Anwendung. Die rotierende Scheibe befand sich stets zwischen zwei festen Scheiben aus vergoldetem Glas (nur wenn die rotierende Scheibe aus unbelegtem Glas bestand, so kam, um für die Kämme Platz zu lassen, nur eine feste Scheibe zur Verwendung); und diese festen Scheiben waren, um die Kapazität der rotierenden Scheibe und damit bei gleichem Potential die elektrische Ladung an ihrer Oberfläche zu steigern, mit der Erde verbunden. Um ferner zu vermeiden, dass das astatische System gleich einem beliebigen anderen Leiter durch die elektrische Kraft eine Ablenkung erleiden könnte, war dasselbe von einer messingnen Hülle umgeben, die zum Erdboden abgeleitet war und nur eine kleine Öffnung für die optische Bestimmung der Ablenkungen hatte. Aus besonderer Vorsicht wurde auf diese Öffnung noch ein metallischer Hohlkegel aufgesetzt.

Die erhaltenen Ablenkungen waren nicht merklich verschieden von denjenigen, welche sich aus den Versuchsdaten durch Rechnung ergeben hatten.

Ähnliche Versuche wie diejenigen Rowlands wurden später von E. Lecher[2]) ausgeführt. Derselbe liess eine vertikale Scheibe aus Messing oder aus Pappdeckel mit Graphitüberzug, die durch eine Holtzsche Maschine auf ein Potential von bis zu 5000 Volt geladen wurde, mit einer bis zu 200 Umdrehungen pro Sekunde betragenden Geschwindigkeit um eine Achse rotieren. Er hätte auf diese Weise an einem nahe zum Mittelpunkte der Scheibe aufgestellten Magnetometer viel grössere Ablenkungen erhalten müssen, als sie Rowland beobachtet hatte; thatsächlich jedoch vermochte er überhaupt keine merkliche Wirkung zu konstatieren. Diese Arbeit von Lecher scheint kaum bekannt geworden zu sein; wenigstens findet man sie nur sehr selten citiert.

Später unternahm Röntgen ähnliche Versuche, um die magnetische Kraft einer rotierenden Scheibe nachzuweisen, die jedoch nicht aus einem Leiter mit direkt zugeführter Ladung, sondern aus einem Isolator bestand und sich zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Metallscheiben, also den Armaturen eines Kondensators, befand. Eine derartige Scheibe muss sich so verhalten, wie wenn sie auf ihren beiden Flächen mit entgegengesetzten Ladungen behaftet wäre, und diese müssen also bei ihrer Bewegung entgegengesetzte Wirkungen auf das Magnetometer hervorbringen. Die eine Nadel dieses letzteren muss sich also in sehr geringem Abstande von der rotierenden Scheibe befinden. Der Versuch ergab die erwarteten Ablenkungen. Eine geeignete Abänderung des Versuches gestattete Röntgen ferner nachzuweisen, dass die in dem erwarteten Sinne beobachteten Ablenkungen nicht etwa einer von den Armaturen aus auf die rotierende Scheibe übertragenen wirklichen Ladung zuzuschreiben waren.

Nicht unerwähnt darf bleiben, dass auch bei den Röntgenschen Versuchen ein Schirm aus leitendem Material den Raum in zwei Teile trennte, in deren einem sich das Magnetometer, in deren anderem sich der rotierende Körper befand.

Die Berechnungen, die Rowland vorgenommen hatte, um die Grösse der Ablenkungen bei seinen Versuchen festzustellen, erfuhren eine Kritik von seiten F. Himstedts[1]), der es unternahm, die gleiche Untersuchung mit Hilfsmitteln zu wiederholen, welche sehr beträchtliche Ablenkungen gestatten sollten. Wegen der Foucaultschen Ströme, die in ihnen auftreten mussten, verzichtete Himstedt auf die Benutzung vergoldeter Scheiben; auch der Ebonit wurde, schon weil sich keiner ausfindig machen liess, der nicht stark magnetisch war, ausgeschlossen, und es kamen statt dessen mattgeschliffene Glasscheiben mit Graphitüberzug zur Verwendung. Statt einer einzigen rotierenden Scheibe benutzte Himstedt zwei einander nahe und parallele, deren Achsen der gleichen Geraden angehörten. Der mit Graphit bedeckte und elektrisierte Teil bildete auf jeder Scheibe einen nahe zum Rande befindlichen Ring; ferner befand sich von den beiden Nadeln des astatischen Reflexionsmagnetometers die eine auf der Innenseite der Ringe, die andere dagegen höher und ausserhalb, so dass sich der Himstedtsche Apparat mit einem Wiedemannschen Galvanometer vergleichen lässt, dessen Spulen durch die rotierenden leitenden Ringe dargestellt werden. Auch bei dieser Versuchsanordnung war das Magnetometer von einer luftdicht schliessenden und nicht isolierten metallischen Hülle umgeben und befand sich also in einem Teile des Raumes, der durch einen leitenden Schirm von demjenigen Teile abgesondert war, in welchem die elektrische Konvektion erfolgte. Dazu trugen je-

1) Pogg. Ann. **158**, 487.
2) Rep. d. Phys. **20**, 157, 1884; Beibl. **8**, 665, 1884.

1) Wied. Ann. **38**, 560, 1889.

doch noch andere, nicht isolierte Leiter bei, nämlich vier mit Stanniol überzogene und zum Boden abgeleitete Glasscheiben, die sich in der Nähe der rotierenden Scheiben parallel zu denselben befanden, und von welchen die beiden mittleren die beweglichen Scheiben von dem Magnetometer trennten.

Die erhaltenen Ablenkungen waren, den Annahmen entsprechend, sehr beträchtlich, und zeigten die Eigentümlichkeiten, welche man erwartet hatte; nur waren die Ablenkungen nicht immer proportional dem Potential der rotierenden Scheiben, was Himstedt zur Aufstellung der Hypothese veranlasste, dass bei hohen Potentialen nur ein Teil der Ladung von der Bewegung mitgetragen werde, während der Rest im Raume unbeweglich bleibe. Auf alle Fälle aber hielt er durch seine Versuche die Hervorbringung einer magnetischen Kraft durch die elektrische Konvektion für erwiesen.

Im Jahre 1889 nahm Rowland gemeinsam mit C. T. Hutchinson[1]) seine Untersuchung mit einem vollkommeneren Apparat als dem zuerst benutzten wieder auf. Zwei vergoldete Scheiben aus Ebonit, deren Vergoldung in Sektoren eingeteilt war, wurden mit ihren Ebenen parallel zum magnetischen Meridian aufgestellt und zur Verhinderung des Elektrizitätsverlustes vom Rande der Scheiben mit Schutzringen umgeben. Ihre Ladung erhielten sie durch eine Holtzsche Maschine und das Potential wurde mit einem absoluten Elektrometer gemessen. Die rotierenden Scheiben waren von dem Magnetometer mit astatischen Nadeln, welches sich zwischen ihnen befand und durch ein geschlossenes Rohr gegen Luftströmungen geschützt war, durch zwei vergoldete und zum Boden abgeleitete Glasscheiben getrennt, welche die Nadeln gegen elektrische Einwirkungen absonderten und zugleich die Kapazität der beweglichen Sektoren erhöhten.

Nach vielen Versuchen und mehrfachen Verbesserungen gelang es den beiden Experimentatoren, Ablenkungen zu bekommen, deren Vorzeichen mit dem Drehungssinne und dem Vorzeichen der elektrischen Ladungen wechselte, und deren Grösse ziemlich dem vorausberechneten Werte entsprach. Freilich waren dieselben bei Umkehrung der Drehungsrichtung der Scheiben dem absoluten Betrage nach nicht genau gleich, wonach zu vermuten sein würde, dass die zahlreichen Fehlerquellen nicht alle beseitigt oder in Rechnung gezogen worden seien.

So wünschenswert es nun auch gewesen wäre, von der Existenz einer durch die elektrische Konvektion erzeugten magnetischen Kraft einen reineren und direkteren Beweis zu haben, so hatte doch vor Crémieu niemand bezüglich derselben einen Zweifel ausgedrückt. Wahrscheinlich war jedermann geneigt, auch bei Fehlen jedes experimentellen Beweises das Vorhandensein dieser Kraft zuzugeben; immerhin aber empfand man, nachdem Crémieu gerade die entgegengesetzte Meinung ausgesprochen hatte, sofort das Bedürfnis, zu prüfen, auf welchen Grundlagen diese Meinung beruhte.

1) Phil. Mag. Juni 1889, 445.

3. Die Versuche von Crémieu.

Dieser Physiker war zur Anstellung von Versuchen nach Art derjenigen Rowlands durch den Misserfolg veranlasst worden, dem er begegnet war, als er die zweite der eingangs aufgeführten Erscheinungen experimentell verwirklichen wollte; offenbar war es dieser Misserfolg, der auch betreffs der ersten Erscheinung Zweifel in ihm entstehen liess.

Anstatt wie Rowland, Himstedt u. a. eine rotierende mit Elektrizität geladene Scheibe auf eine Magnetnadel wirken zu lassen, brachte Crémieu[1]) in die Nähe der Scheibe einen Leitungskreis, in den ein empfindliches Galvanometer eingeschaltet war und beobachtete, ob dieses Instrument einen induzierten Strom anzeigte, wenn die Scheibe, während sie rotierte, geladen oder entladen, oder wenn ihre Ladung umgekehrt wurde. Ein rotierender Stromunterbrecher bewirkte in kurzen Intervallen die Umkehrung der Ladung der Scheibe und stellte zugleich die geeigneten Verbindungen her, durch welche die Wirkungen auf das Galvanometer sich summierten. Er verwendete als rotierende Scheibe nacheinander eine unbedeckte oder mit einer Kautschukmembran überzogene Scheibe aus Aluminium, oder endlich eine auf drei voneinander isolierten Sektoren vergoldete Ebonitscheibe. In keinem Falle erhielt er die von der Theorie geforderte Ablenkung des Galvanometers.

Nach Konstatierung dieses negativen Ergebnisses änderte Crémieu die Versuchsanordnung so ab, dass sie möglichst getreu derjenigen Rowlands glich. Er liess nämlich die rotierende Scheibe auf eine Magnetnadel einwirken.[2]) Die Scheibe, die aus Ebonit bestand, hatte vergoldete Sektoren und rotierte zwischen nicht isolierten Messingplatten, die in geringem Abstand zu ihr parallel waren. Auf der der rotierenden Scheibe zugekehrten Seite waren auf den Messingplatten dünne Platten aus Glimmer befestigt, welche Stanniolsektoren trugen, die getrennt voneinander mit dem Erdboden in Verbindung standen. Nach Rowland hätte das Magnetometer bei seinen verschiedenen Versuchen Ablenkungen von 12 bis 175 Skalenteilen erfahren müssen, während in Wirklichkeit überhaupt keine Ablenkung beobachtet wurde.

1) C. R. **130**, 1544.
2) C. R. **131**, 797.

Bei diesen Versuchen befanden sich zwischen dem Magnetometer und der rotierenden Scheibe die auf den Glimmer geklebten Stanniolsektoren, sowie eine der Messingplatten. Wurde dieses System durch eine einfache Ebonitplatte mit Stanniolbelag ersetzt, also der Versuch wie bei Rowland angeordnet, so erhielt Crémieu das gleiche Resultat wie jener, das heisst er bekam Ablenkungen, welche sowohl nach dem Sinne wie nach der Grösse, in welcher sie auftraten, auf Rechnung einer magnetischen Wirkung der rotierenden Scheibe gesetzt werden konnten. Da aber diese Ablenkungen verschwanden, sobald zwischen Scheibe und Magnetnadel ein zweiter Leiter hinzugefügt wurde, so schrieb Crémieu dieselben einer Aufeinanderfolge momentaner Ströme zu, die in dem festen Leiter durch die Influenz seitens der rotierenden Sektoren erzeugt worden seien. Offenbar gründete sich diese Meinung auf eine Überlegung nach Art der folgenden. Die Wirkung der rotierenden Sektoren sollte in jedem Falle gleich derjenigen eines konstanten Stromes sein; die magnetische Wirkung dieses letzteren wird aber durch Zwischenlegung eines nichtisolierten Leiters nicht verhindert, folglich können die beobachteten Ablenkungen nicht durch die rotierenden Sektoren veranlasst sein.

Gleichwohl beginnt Crémieu in einer späteren Veröffentlichung[1]) mit der Mitteilung, dass er einen neuen Versuch angestellt habe, bei welchem sich keine metallische Schicht zwischen der Magnetnadel und der rotierenden Scheibe befunden habe; sehr bald aber sei er gewahr geworden, dass die Nadel durch elektrostatische Einwirkungen abgelenkt wurde, und er habe sich infolgedessen genötigt gesehen, dagegen Vorkehrung zu treffen, indem er die Scheibe von neuem mit einer leitenden Hülle, z. B. mit 0,4 mm dicken Kupferblechen, umgeben habe. Dennoch war das Ergebnis ein negatives; aber man brauchte nur die Metallhülle zu entfernen, um Ablenkungen zu bekommen, welche nach Crémieu den von Rowland beobachteten ähnlich waren, aber nach Crémieus Ansicht von kleinen Fünkchen, von der elektrostatischen Kraft u. s. w. herrührten.

Die jüngsten Versuche desselben Autors[2]) bringen keine neue Aufklärung, obschon ihre Form etwas von der gewöhnlichen abweicht und nach der Ansicht des Verf. die Möglichkeit der Existenz offener Ströme beweisen dürfte.

Eine Ebonitscheibe mit vergoldeten Sektoren rotiert zwischen zwei festen Scheiben aus demselben Material, von welchen die eine einen Stanniolsektor, die andere zwei auf den beweglichen Sektoren schleifende Metallbürstchen trägt. Eines derselben befindet sich gegenüber dem festen Sektor und es werden somit, wenn dieser z. B. positiv elektrisiert ist, die Sektoren sich durch Influenz negativ laden, indem sie, wie bei bekannten Influenzmaschinen, die positive Ladung an das Bürstchen abgeben. Da nun die beweglichen Sektoren, nachdem sie sich von dem festen Sektor entfernt haben, mit dem zweiten Bürstchen in Berührung kommen, so ist es klar, dass ein Draht, welcher die beiden Bürstchen miteinander verbindet, von einem elektrischen Strome durchflossen sein wird. Der Verf. findet, dass dieser Strom das Magnetometer ablenkt, während man keine derartige Wirkung beobachtet, wenn man das Instrument den beweglichen Sektoren nähert, obschon dieselben offenbar die gleichen Elektrizitätsmengen mit sich führen, wie sie den die Bürstchen verbindenden Draht durchströmen. Selbstverständlich musste auch bei diesem Versuche das Magnetometer durch eine leitende Hülle gegen elektrostatische Einwirkungen geschützt werden.

Der ausdrücklich hervorgehobene Vergleich zwischen dieser Versuchsanordnung und derjenigen der Influenzmaschinen legt jedoch sofort einen Einwand nahe.

Zweifellos musste bei den von Crémieu benutzten hohen Potentialen diejenige Fläche der rotierenden Scheibe, welche sich der die Sektoren tragenden gegenüber befand, schliesslich eine der Ladung der Sektoren entgegengesetzte elektrische Ladung annehmen, und auf diese Weise die magnetische Wirkung der letzteren kompensieren. Wie es scheint, hat nun der französische Physiker diesen Umstand nicht in Erwägung gezogen; derselbe kann aber bis zu einem gewissen Grade den Unterschied zwischen den Wirkungen erklären, die man erhält, wenn man das Magnetometer einmal dem die Bürstchen verbindenden Drahte, einmal den rotierenden Sektoren nahe bringt, vorausgesetzt, dass dieser letztere Versuch einige Zeit nach dem ersten vorgenommen wird.

Crémieu fasst das Ergebnis seiner Untersuchungen dahin zusammen, dass die elektrische Konvektion kein magnetisches Feld erzeugt.[1])

4. Neuere Versuche.

Diese entschiedene Behauptung konnte Rowland nicht gleichgültig lassen; und in der That liess er in den letzten Monaten seines Lebens (er starb am 16. April 1901 im Alter von 53 Jahren) in seinem Laboratorium und unter seiner eigenen Leitung durch Pender neue Versuche vornehmen.[2])

1) C. R. **132**, 327.
2) C. R. **132**, 1108.

1 L. c.
2) John Hopkins University Circulars (20), **152**, 78; Phil. Mag. Aug. 1901, 179.

Der hierzu benutzte Apparat unterschied sich von demjenigen des Jahres 1889 insofern, als die rotierenden Scheiben ihre Wirkung nicht auf die Nadel eines Magnetometers, sondern auf einen mit einem besonders empfindlichen Galvanometer verbundenen Stromkreis ausübten. Die Versuchsanordnung ähnelt also derjenigen, die Crémieu bei seinen ersten Versuchen benutzt hatte.

Die Scheiben sind aus Mikanit, auf beiden Seiten vergoldet und ihre Achsen gehören einer und derselben Geraden an. Sie werden durch eine Influenzmaschine mit gleichnamigen oder mit entgegengesetzten Ladungen versorgt und können mit einer Geschwindigkeit von 75—100 Umdrehungen pro Sekunde im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne rotieren. Jede Scheibe befindet sich zwischen zwei Ebonitplatten mit Stanniolbelag, der zur Erde abgeleitet ist; in dem Zwischenraume zwischen den beiden mittleren Platten befindet sich eine Spule von 1295 Drahtwindungen, deren mittlerer Durchmesser gleich demjenigen der Scheiben (30 cm) ist. Sowohl die Spule wie die Stromkreise des Galvanometers sind von einem nicht isolierten Metallgehäuse eingeschlossen.

Bei plötzlicher Umkehrung des Vorzeichens der Ladungen der Scheiben, während dieselben rotieren, muss sich auch das Vorzeichen des von ihnen erzeugten Magnetfeldes umkehren und es muss somit in der Spule ein momentaner Strom induziert werden; ein Kommutator von besonderer Konstruktion besorgt, während er die Ladungen der Scheiben 12—25 mal in der Sekunde invertiert, in den Zwischenzeiten auch die Umkehrung der Verbindungen zwischen Spule und Galvanometer. Auf diese Weise summieren sich die Wirkungen der aufeinanderfolgenden Inversionen und man erhält eine stabile Ablenkung.

Auf Grund der Versuchsdaten, nämlich der Ladung und Rotationsgeschwindigkeit der Scheiben, der Zahl der Umkehrungen u. s. w. hätte sich die Ablenkung berechnen lassen und das Resultat dieser Berechnung hätte mit der thatsächlich beobachteten Ablenkung verglichen werden können. Statt dessen zog man es vor, die Erscheinung, um deren Nachweis es sich handelte, a priori als vorhanden anzunehmen und, da in der angegebenen Berechnung das Verhältnis zwischen der elektromagnetischen und der elektrostatischen Einheit der Elektrizitätsmenge vorkommt, aus dem Betrag der beobachteten Ablenkungen den Wert dieses Verhältnisses abzuleiten. Derselbe schwankte zwischen $2{,}75.10^{10}$ und $3{,}24.10^{10}$ mit einem Mittelwert von 3.10^{10}, der also mit dem allgemein angenommenen Werte übereinstimmt.

Mithin waren durch diese Versuche die früheren Rowlands bestätigt.

Noch jüngeren Datums als die soeben besprochene ist eine Veröffentlichung von E. P. Adams[1]), deren Autor andere Untersuchungen über unseren Gegenstand mitteilt, die mit einer, von der früher benutzten abweichenden Versuchsanordnung vorgenommen waren. Eine Achse, welcher durch einen Motor von 4 Pferdestärken eine Geschwindigkeit von 50 oder mehr Umdrehungen pro Sekunde erteilt wird, ist aus zwei voneinander isolierten Metallstücken gebildet. Jedes derselben trägt einen Ring, auf den senkrecht zur Achse 16 Metallstäbchen festgeschraubt sind; das Ende eines jeden von diesen trägt eine kupferne Kugel von 27 mm Durchmesser. Auf der Achse befinden sich somit zwei Sterne mit je 16 Kugeln, die in zwei etwa 8 cm voneinander entfernten parallelen Ebenen angeordnet sind. Die Kugeln eines jeden Sternes bilden die Ecken eines regulären Vielecks von 16 Seiten. Zwei Federn, die auf den beiden Hälften der Achse schleifen und mit einer Batterie von zehntausend Akkumulatoren in Verbindung stehen, teilen der einen Reihe von Kugeln positive, der anderen negative Ladungen mit. Jedoch nur einer von den beiden Kugelsternen übt auf das Magnetometer eine merkliche Wirkung aus, da die Nadel dieses von einem Mauerstativ getragenen Instruments sich oberhalb des von dem einen Sterne beschriebenen Weges und in unmittelbarer Nähe desselben befindet. Der andere Stern dient nur dazu, die störende Einwirkung der durch Influenz auf den umgebenden Leitern entstehenden elektrischen Ladungen abzuschwächen.

Eine starke Ablenkung der Nadel beobachtet man auch, wenn die Kugeln nicht elektrisiert sind, infolge der durch den Erdmagnetismus in den rotierenden Massen induzierten Foucaultschen Ströme; aber diese Ablenkung behält die gleiche Grösse, solange die Rotationsgeschwindigkeit sich nicht ändert und darum verhindert sie vielleicht eine genaue Messung, nicht aber die Konstatierung etwaiger durch die Ladung hervorgebrachter Ablenkungen. Dagegen war es notwendig, die Aufstellung des Magnetometers gegen den von den rotierenden Sternen erzeugten Wind zu schützen, welcher Erschütterungen und Schwingungen bewirkt. Schliesslich stellte es sich auch als notwendig heraus, in die Verbindungen zwischen den Kugeln und der Batterie grosse, durch Wassersäulen gebildete Widerstände einzuschalten, weil andernfalls bei der Umkehrung der Ladung der rotierenden Kugeln infolge der Ladungs- oder Entladungsströme dieser letzteren Ablenkungen eintraten.

Nachdem so die nötigen Vorsichtsmassregeln getroffen waren, wurde bei jeder Umkehrung

1) Phil. Mag. Sept. 1901, S. 285.

der Ladung der Kugeln eine Ablenkung und zwar in dem Sinne konstatiert, in welchem sie eintreten musste, falls sie thatsächlich von der gesuchten Erscheinung herrührte; das Vorhandensein dieser letzteren war somit nach dem Autor klar bewiesen.

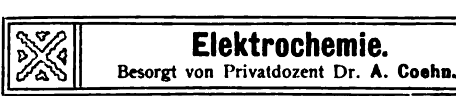
Adams hat auch Messungen vorgenommen; diese aber waren keiner grossen Genauigkeit fähig und dienten ihm nur dazu, die Grössenordnung der Ablenkung zu verifizieren. Unter Zugrundelegung der nach den theoretischen Formeln durch die Konvektion erzeugten magnetischen Kraft ergab sich aus den Messungen als Wert des Verhältnisses zwischen den beiden Elektrizitätseinheiten die Zahl $2{,}8.10^{10}$, die nicht viel von dem angenommenen Werte abweicht.

Es wurden mithin nicht allein die Ablenkungen in dem vorausgesetzten Sinne erhalten, sondern dieselben hatten auch annähernd die verlangte Grösse; die Versuche von Adams liefern also einen neuen Beweis für die Existenz der ersten Erscheinung. Infolge der gewählten Versuchsanordnung sind die Experimente des genannten Autors zudem einigen Unsicherheiten der Interpretation, die, wie wir sehen werden, in anderen Fällen bestehen, nicht unterworfen. [1])

1) Ausser den neueren Versuchen von Pender und Adams wären hier noch diejenigen von Eichenwald (diese Ztschr. **2**, 703, 1901) zu erwähnen. Der Verf. hatte von diesen Versuchen, als er seinen Vortrag hielt, noch keine Kenntnis. (A. R.)

(Schluss folgt.)

REFERATE.



Bericht über die IX. Hauptversammlung der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft in Würzburg vom 8. bis 10. Mai 1902. [1])

(Bericht von Jean Billitzer.)

Welche Zugkraft der angekündigte Kongress auch in diesem Jahre ausgeübt hatte, konnte man bereits an dem Begrüssungsabend (8. Mai) wahrnehmen, der eine reiche Anzahl von Forschern der verschiedensten Richtungen, von Physikern, Chemikern und Technikern versammelte, deren gemeinsame Arbeit von höchstem Interesse zu werden versprach. Und diese Hoffnung wurde gleich anfangs bestätigt, als nach den üblichen Begrüssungsreden des Präsidenten, des Regierungskommissärs, des Bürgermeisters der Stadt Würzburg und des Rektors der Universität die Reihe der wissenschaftlichen Verhandlungen am Vormittage des 9. Mai durch den Altmeister der Elektrochemie Prof. W. Hittorf (Münster) in einem Vortrage: „Über das Verhalten der Diaphragmen während der Elektrolyse wässeriger Salzlösungen" eröffnet wurde.

Redner hat vor etwa 50 Jahren in seinen berühmt gewordenen Studien über die Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen zuerst Überführungszahlen von verschiedenen Anionen und Kationen gemessen. Jüngere Bestimmungen derselben haben aber gewisse Abweichungen von den älteren Zahlen gegeben und es zeigte sich, dass diese durch eine Fehlerquelle entstellt waren, die in der Verwendung tierischer Membranen bei der Elektrolyse begründet war. Während nämlich Thondiaphragmen bei der Elektrolyse diese Lösungen unbeeinflusst lassen, tritt bei der Verwendung tierischer Membranen eine auswählende Eigenschaft einer Anzahl Ionen gegenüber in den Vordergrund: die Konzentration der Lösung wird beim Durchgange verändert. Befindet sich ein Elektrolyt zwischen zwei Membranen, so kompensieren sich die Fehler und die mittleren Lösungen, welche zu Kontrollmessungen dienen, zeigen keine Veränderung; hingegen sind die endständigen Lösungen, deren Konzentrationsänderung zur Berechnung der Überführungszahlen dient, nur auf einer Seite von Membranen begrenzt und dies führt merkbare Fehler herbei, die besonders bei Kadmium- und Zinksalzen das Resultat entstellen. Oberhalb des Diaphragmas steigt die verdünntere Lösung auf, unterhalb desselben sinkt die schwerere zu Boden, dies veranlasst das Auftreten von Schlieren, die bei passender Beleuchtung ein empfindliches Phänomen an die Hand geben, das Verhalten der Membranen zu prüfen.

Verschiedene vegetabilische Membranen verhielten sich wie Thondiaphragmen, andere, z. B. Agar-Agar, Pergament-, Papiermembranen etc. verhalten sich wie die tierischen Membranen, wenn auch in viel weniger ausgesprochener Weise. Es scheint ein Zusammenhang mit der Quellung vorzuliegen, denn eben die Membranen, welche die Konzentration der durchtretenden Lösungen verändern, sind auch zur Quellung befähigt.

Als zweiter Redner sprach A. Hantzsch (Würzburg): „Über Strukturisomerie bei Salzen."

Die Cyanursäure $(CNOH)_3$ vermag in zwei tautomeren Formen aufzutreten, die durch das Schema:

$$(CN)_3\,(OH)_3 \rightleftarrows (CO)_3\,(NH)_3$$

versinnlicht werden können; und die mit Queck-

1) Bericht über die 8. Hauptversammlung, s.: diese Zeitschrift **2**, 538, 1901.

silber zwei verschiedene, aber wider Erwarten sehr stabile Salze liefern. Der Unterschied ist besonders in dem verschiedenen Verhalten gegen KOH kenntlich; während die Salze der ersten Form $(CN)_3\ (OHg)_3$ sehr leicht mit demselben in Reaktion treten, indem Hg durch K ersetzt wird, findet bei Salzen der Form $(CO)_3\ (NHg)_3$ keine Einwirkung statt.

Es war zu erwarten, dass das Studium der phosphorigen Säure Gelegenheit geben würde, die Zahl der Beispiele dieser Art zu vermehren; denn es war naheliegend, die Knicke ihrer Dissoziationsspannung bei höherer Temperatur mit einer Atomverschiebung in Zusammenhang zu bringen.

In der That gelingt es, verschiedene Baryumsalze derselben herzustellen, je nachdem sie bei höherer oder niederer Temperatur bereitet werden. Erstere sind inaktiv, d. h. sie reagieren nur sehr langsam oder gar nicht mit $AgNO_3$, letztere sind aktiv und setzen sich im festen Zustande sehr rasch mit $AgNO_3$ um. Dieser Unterschied besteht jedoch nur bei den festen Salzen, in Lösung sind sie beide identisch. Vortr. ist geneigt, das inaktive Salz

von der Säure $P \begin{matrix} - OH \\ - OH \\ - OH \end{matrix}$ abzuleiten, während das

aktive einer Säure: $O = P \begin{matrix} \diagup OH \\ - OH \\ \diagdown H \end{matrix}$ oder einer

festen Lösung entsprechen dürfte.

In der sich anschliessenden Diskussion bemerkt **Ostwald**, dass Verschiedenheiten der Reaktionsgeschwindigkeiten oft zu Erscheinungen der Isomerie und Tautomerie führen können. **Küster** ergänzt diesen Hinweis, indem er ausführt, dass verschieden grobe Krystallabscheidung solche Verschiedenheit der Reaktionsgeschwindigkeit bedingen kann.

Nach einer kurzen Pause beginnt **W. Jäger** (Charlottenburg) seinen Vortrag: „**Über Normalelemente.**"

Die Anforderungen, die wir an ein Normalelement stellen, sind folgende: Es muss chemisch wohldefiniert sein, damit es ohne grosse Schwierigkeit von jedem nachgebildet werden kann, es soll mit der Temperatur wenig veränderlich sein, bei einer Temperaturänderung sich rasch auf den neuen Wert einstellen, schliesslich soll es nicht oder nur wenig polarisierbar und womöglich transportfähig sein. Diesen Anforderungen entsprechen nur reversible Elemente, die mit gesättigten Lösungen beschickt sind. Die Gefahr, dass beide Elektroden bei plötzlichen Temperaturänderungen sich nicht ganz auf gleicher Temperatur befinden, wird bei der gebräuchlichen H-Form ziemlich gut vermieden.

Bei der Zusammensetzung des Kadmiumamalgams für ein Kadmiumelement sind besondere Eigentümlichkeiten zu berücksichtigen. Während Quecksilber, das nur eine Spur Zink enthält, sich elektromotorisch wie reines Zink verhält, ist ein Ähnliches beim Zusatz von Kadmium nicht der Fall. Vielmehr steigt die Lösungstension des Amalgams bei zunehmenden Kadmiumgehalt erst allmählich an, um bei einem Gehalte von etwa 5% Cd konstant zu werden. Weiterer Kadmiumzusatz bewirkt erst eine weitere Steigung, wenn der Gehalt auf 14% gestiegen ist. Nach **Cohen** wandelt sich 14%iges Kadmiumamalgam bei 0^0 um, es empfiehlt sich daher, am besten in der Nähe, doch etwas unterhalb 14%, zu bleiben. Sorgfältig hergestellte Kadmiumelemente sind auf 0.001 Volt konstant, für ihre elektromotorische Kraft giebt die Reichsanstalt den Ausdruck:

$$\text{Kadmium: } 1{,}0186 - 0.000038\,(t-20) - 0{,}00000063\,(t-20)^2$$

$$\text{Clark: } 1{,}4328 - 0{,}00119\,(t-15) - 0{,}000007\,(t-15)^2.$$

Es folgte ein zweiter Vortrag: **Über Normalelemente**" von **R. Luther** (Leipzig).

Für den Chemiker ist es in erster Linie von Interesse, zu wissen, wie genau die Stoffe im Normalelemente definiert sein müssen, welche Verunreinigungen noch zulässig sind.

Eine einfache thermodynamische Betrachtung klärt hierüber auf. Schaltet man zwei Normalelemente, deren einem man willkürlich eine Verunreinigung zugesetzt hat, gegeneinander (und zwar Elemente $Zn - ZnSO_4,\ 7H_2O - Hg_2SO_4 - Hg$), so wird der durchgehende Strom einen Transport von festem Körper von einer Seite zur anderen bewirken, dazu ist keine Arbeit nötig, ferner müssen aber noch 7 Wasser hinübergeschafft werden und es ist also:

$$2\pi F + 7\,R\,T \ln \frac{p_1}{p_2} = 0,$$

wenn p_1 und p_2 die entsprechenden Dampfdrucke bedeuten. Die Änderung der elektromotorischen Kraft ist also eindeutig durch das Verhältnis der Dampfdrucke bestimmt.

Dies experimentell zu prüfen, wurde ein Element zu 50 Proz. durch zugesetztes Glycerin verunreinigt und es wurde die hierdurch verursachte Dampfdruckdifferenz gemessen; die hieraus berechnete Differenz der elektromotorischen Kraft ergab für diese 1,08 Volt, das Experiment 1,10 Volt. Die ganze Betrachtung gilt natürlich nur für den Fall, dass wir es mit einer bestimmten festen Phase zu thun haben, die nicht qualitativ verändert wird. Unter dieser Bedingung haben wir hier eine Möglichkeit, kleine konstante elektromotorische Kräfte herzustellen, indem wir etwa durch Zusätze das Hydrat mit 7 Wasser in das Hexahydrat verwandeln und ein solches Element gegen das übliche schalten u. s. f.

Krystallisiert ein Salz aber ohne Krystall-

wasser, so wird in der Gleichung $\pi = 0$, die elektromotorische Kraft ist hiermit in diesem Falle unabhängig von der Reinheit der Substanz.

Diese Betrachtungen setzen uns endlich noch in den Stand, eine Beziehung zwischen der Löslichkeit und der elektromotorischen Kraft der Salze herzustellen, indem es sich zeigt, dass ein Ausdruck

$$\left[\frac{\frac{L_{TCl}}{L_{AgCl}}}{\frac{L_{TlBr}}{L_{AgBr}}}\right]$$

in dem L die Löslichkeit des als Index beigefügten Salzes bedeutet, eine Konstante sein muss, die unabhängig bleibt von der Natur des Lösungsmittels.

Dann spricht F. W. Küster (Clausthal): „Über das elektrochemische Verhalten des Schwefels". Bekanntlich löst sich Schwefel in Alkalisulfiden in grosser Menge auf, es entstehen Polysulfide, über deren Zusammensetzung wir wenig Bestimmtes aussagen können, vor allem ist es uns unbekannt, mit welchen Anionen wir es darin zu thun haben. Vortr. hat nun gefunden, dass an Schwefel gesättigte Lösungen von Natriumsulfid und verschiedener Konzentrationen von Na_2S der Nernstschen Formel folgen und dass diese Beziehung nich tbesteht, wenn man die Konzentration des Schwefels ändert und die des Natriumsulfides normal hält.

Für die Änderung der Potentialdifferenz, durch Zusatz fremder Salze, ist die weitgehende hydrolytische Spaltung massgebend. Unter diesem Gesichtspunkte wurde die Änderung durch Zusatz von KOH berechnet und in Übereinstimmung mit den experimentellen Daten gefunden.

Hierauf schilderte H. Kellner (Hallein) das Verhalten von Chlor und Brom unter dem Einflusse dunkler elektrischer Entladungen.

Es ist oft behauptet worden, dass elektrolytisch hergestelltes Chlor ein grösseres Bleichvermögen besitzt, wie das auf chemischem Wege gewonnene. Dieser Unterschied rührt von der Beimengung von Hypochloriten im ersten Falle her, das Chlor selbst ist beide Male identisch. Vortr. hat sich aber die Frage gestellt, ob durch Einwirkung hochgespannter elektrischer Wechselströme eine Änderung der Eigenschaften dieses Elementes, welche etwa der Ozonisierung von Sauerstoff entspräche, zu beobachten sei. Es zeigte sich wirklich, dass „ozonisiertes" Chlor reaktionsfähiger sei, so z. B. schon im Dunkeln mit Essigsäure Chloresigsäure bildet, während gewöhnliches Chlor diese Reaktion nur im Sonnenlichte giebt.

Ebenso wurde sorgfältig gereinigtes Brom in getrockneten evakuierten und zugeschmolzenen Röhren behandelt. Gewisse Frequenz-Verhältnisse des einwirkenden Wechselstromes sind erforderlich, um den Apparat gleichsam ansprechen zu lassen, ist dies aber erreicht, so überzieht sich das Rohr allmählich mit gelben Krystallen; die im Rohre monatelang unverändert haltbar sind. Das verwendete Glas war bleifrei und das trockene Brom war nur mit dem Glase in Berührung gekommen. Versuche wurden auch in der Weise ausgeführt, dass Brom während der Destillation aus einem Gefässe in ein anderes der dunkeln elektrischen Entladung ausgesetzt wurde. Bei der ersten Destillation war keine Veränderung zu beobachten, erst nach und nach bildete sich wieder ein Rückstand von gelben Krystallen.

Die erste Sitzung schloss ein Vortrag von H. J. van't Hoff (Rotterdam): „Über Reinigung des Trinkwassers durch Ozon."

Sauerstoff wird durch dunkle elektrische Entladung ozonisiert durch den Sterilisator getrieben, in dem er in Blasen aufsteigt, um oben wieder zu entweichen. 70—80 Proz. der im Wasser enthaltenen organischen Substanzen werden auf diese Weise zerstört, ohne dass sich freilich eine feste Beziehung zwischen der Wirkung und dem Gehalte an organischen Körpern hätte aufstellen lassen können. Die Reinigung ist aber immer eine sehr wirksame und wird von den besten Sandfiltern nicht erreicht.

Nachmittags führte Haagn (Hanau) neue elektrische Öfen von Heräus in Hanau vor.

Vielseitig sind die Vorteile der elektrischen Öfen im Laboratoriumsgebrauche. Zu der leichten Regulierbarkeit gesellt sich das Fehlen von Verbrennungsgasen, der ökonomische Wärmeverbrauch etc. und die Verbesserung der bekannten Modelle ist für die Laboratorien eine wichtige Frage geworden. Um zunächst den Platinverbrauch zu vermindern, wurde der Platindraht durch eine ganz dünne (0,007 mm) Folie ersetzt, dadurch wird zugleich eine innige Berührung mit dem Heizrohre erreicht, welche die Folie vor Überhitzung und vor raschem Durchbrennen bewahrt. Die Haltbarkeit ist an Porzellan grösser wie an Magnesia.

Störend wirkt oft die elektrolytische Zersetzung der Magnesia bei den hohen Temperaturen, Öfen, deren Platinbelegung durchgebrannt sind, lassen noch ganz erhebliche Ströme durch, besonders stark wird die Magnesia an der Kathodenseite angegriffen. Weniger merkbar ist dies an Porzellanröhren, wenn sie diese Erscheinung auch in einer Rötung der Masse auf der Kathodenseite zeigen. Die Öfen können bei 1500° 6—8 Stunden ohne Schaden in Betrieb erhalten bleiben. Vortr. bespricht ihre Anwendung zu Versuchs- und Vorlesungszwecken.

Sodann zeigt H. Heräus (Hanau) neue Gefässe, die aus SiO_2 verfertigt sind. Quarz wird in Iridiumgefässen mit Hilfe eines Knallgasgebläses (man erreicht so Temperaturen von 2200°) geschmolzen und kann dann wie Glas

geblasen werden; hiermit ist ein Weg eröffnet, das Glas in vielen Fällen durch ein besseres Material zu ersetzen.

Es folgte ein Vortrag von K. Elbs (Giessen) über: „Ein Darstellungsverfahren des Ammonium-Plumbi-Chlorids."

Auf rein chemischem Wege ist die Darstellung von $Pb\,Cl_4$ unbequem, unsicher und unergiebig. Ein elektrochemisches Verfahren von Förster ist nur zur Darstellung kleinerer Mengen gut anwendbar. Vortr. ist es gelungen, die gesuchte Verbindung glatt zu gewinnen, indem er Salzsäure vom spez. Gewichte 1,05 bis 1,15 elektrolysierte und dabei den Kunstgriff anwandte, die Anode aus einer Bleiplatte und einer Kohlenplatte zusammenzusetzen und $^1/_5$ des Stromes durch die erste, $^4/_5$ durch die zweite Anode zu senden. Steht nun die Bleielektrode über der Kohlenanode, so senkt sich kontinuierlich eine an $Pb\,Cl_2$ gesättigte Lösung zu der letzteren und wird daselbst weiter chloriert.

Leider fehlt es an einem Verfahren, $Pb\,Cl_4$ einfach und rein abzuscheiden; doch sind Doppelverbindungen, wie: $K_2\,Pb\,Cl_6$ leicht zu erhalten, die den entsprechenden Platinverbindungen sehr ähnlich sind. Die beständigste bildet das Ammoniumplumbichlorid und wird auch am leichtesten erhalten, ähnliche Verbindungen bieten Pyridin- und Chinolinplumbichlorid dar. Ammoniumplumbichlorid kann lufttrocken auf 220^0 ohne Zersetzung erhitzt werden und hält sich mit Wasser in einem Glasrohr eingeschmolzen monatelang ohne Veränderung.

Dann sprach G. Bodländer (Braunschweig): „Über die Chemie der Cuproverbindungen."

Das Verhältnis von Cupri- zu Cupro-Ionen ist in Chloriden analog wie in Bromiden u. s. f. und es zeigt sich, dass die Relation:

$$\frac{\overset{+}{Cu}{}^2}{\overset{++}{Cu}} = \text{const.}$$

erfüllt wird. Hiernach ist das Kupfer als einwertiges Metall aufzufassen. Man wäre geneigt zu vermuten, dass Ähnliches für das Quecksilber gilt, doch hat Ogg gezeigt, dass Quecksilber als $\overset{+}{Hg}-\overset{+}{Hg}$, somit als zweiwertig aufzufassen ist; ein Verhältnis, das im periodischen Systeme zum Ausdrucke kommt, das also hier eine Bestätigung erfährt, die in den letzten Jahren recht selten geworden ist.

Den letzten Vortrag hielt dann F. Förster (Dresden): „Über Elektrolyse an platinierten Elektroden."

Nach der Vorschrift von Lummer und Kurlbaum gelingt es leicht, wohldefinierte platinierte Elektroden herzustellen, wie sie zu einer Untersuchung ihrer Wirkungsweise erforderlich sind. Der Unterschied in ihrem Verhalten im Vergleiche zu glatten Platinelektroden tritt besonders deutlich zu Tage, wenn man einen durchgesandten Strom einen Moment nur unterbricht; während da beim Wiedereinschalten die Spannung an platinierten Elektroden dieselbe ist wie im Zeitpunkte der Unterbrechung, kann es an Platinelektroden oft geraume Zeit dauern, bis dieselbe wieder erreicht wird. Der Unterschied arbeitender platinierter und glatter Platinelektroden kann bis auf 0,8 Volt steigen, wenn Gase an denselben entweichen, ist dies nicht der Fall, so beträgt sie nur etwa ein Zehntel, schnellt aber wieder in die Höhe, sobald die Entwicklung von Gasen einsetzt. Vortr. glaubt, dass wir es hier mit einem Übergangswiderstande zu thun haben, der an platinierten Elektroden wegen der viel grösseren Oberfläche weniger zur Geltung kommt.

Die Verhandlungen der dritten Sitzung am Vormittage des 10. Mai wurden durch einen Vortrag des Präsidenten J. H. van'tHoff (Charlottenburg): „Über Gips" eröffnet.

Gips kommt in der Natur als $CaSO_4$, $2\,H_2O$ vor, daneben auch in wasserfreier Form $CaSO_4$ als Anhydrit. Technischen Zwecken dient noch Stuckgips, der etwa 6 Proz. Wasser enthält. Dann kennt man noch totgebrannten Gips, der seinen ganzen Wassergehalt, zugleich auch die Fähigkeit verloren hat, wieder Wasser aufzunehmen und zu erhärten und der dem Anhydrite sehr nahe stehen dürfte. Endlich kennt man in der Technik noch eine dritte sehr merkwürdige Form, den Estrichgips; er wird erhalten, indem man (durch Erhitzen über 300^0) totgebrannten Gips noch weiter auf ca. 1100^0 erhitzt, dadurch erlangt er wieder die Fähigkeit, Wasser aufzunehmen und zu erhärten; doch ist die Abhärtungserscheinung dann eine andere wie beim Stuckgips; letzterer wird schon nach einer halben Stunde fest, Estrichgips braucht hierzu jedoch mehrere Tage; ist dann aber viel härter und kann selbst an Stelle von Mörtel gebraucht werden.

Durch Einwirkung von Salpetersäure erhält man ein Halbhydrat $Ca\,S\,O_4$, $^1/_2\,H_2\,O$, das etwa dem Stuckgips identisch ist. Von anhydrischen Formen sind im Laboratorium zwei zu erhalten, deren eine mit totgebranntem Gipse identisch ist, während die andere die Fähigkeit besitzt, zu erhärten. Durch die Langsamkeit, mit welcher sich das Gleichgewicht zwischen Dampf und Hydrat einstellt — mehrere Monate sind dazu erforderlich —, wird aber die Untersuchung sehr erschwert, es musste daher eine neue Methode zum Studium dieser Vorgänge herangezogen werden.

Ein Beckmannscher Siedeapparat wurde mit Wasser und einer bestimmten Menge gewöhnlichen Gipses beschickt und zu einer Siedepunktsbestimmung verwendet, dann wurde

Kochsalz hinzugefügt und der Siedepunkt stieg, aber nur bis zu einem bestimmten Punkte, um bei weiterem Chlornatriumzusatze konstant zu bleiben. Beobachtet man nun mit dem Mikroskope, so findet man, dass das Bihydrat sich in Halbhydrat verwandelt. Ist dies geschehen, so steigt bei weiterem Salzzusatze die Siedetemperatur wieder an.

Bei dieser Temperatur hält die Maximaltension des Wassers der des Krystallwassers das Gleichgewicht, d. h. die Krystallwassertension ist gleich dem Barometerdrucke. So werden bei vermindertem Drucke ähnliche Bestimmungen gemacht. Die erhaltenen Zahlen lassen sich in eine Formel zusammenfassen, welche die Wasserdampftensionen p für sämtliche Temperaturen angeben:

$$log\, p = log\, Paq + 1{,}49 - \frac{568}{T}.$$

Daraus lässt sich ein Schluss ziehen, der einer experimentellen Prüfung zugänglich ist und Licht auf das Verhalten des Gipses beim Erhitzen wirft. Es ergiebt sich nämlich die Temperatur, bei welcher die Krystallwassertension p gleich dem Drucke P wird:

$$0 = 1{,}49 - \frac{568}{T} \text{ und hieraus } t = 107^0.$$

Bei 107^0 muss also Gips im geschlossenen Rohre Wasser abspalten und in Halbhydrat übergehen, ein Vorgang, der von einer erheblichen Ausdehnung begleitet ist und der dem „Kochen“ des Gipses entspricht.

Es zeigte sich ferner, dass die Abspaltung des letzten Wassers nicht, wie erwartet, oberhalb, sondern unterhalb 107^0 stattfindet. Die Krystallwassertension ist also bei Abgabe des ganzen Wassers grösser, als wenn nur ein Teil abgespalten wird! Gips ist der erste Körper, bei dem es nachgewiesen wurde, dass die Maximalspannung des Krystallwassers je nach der Umwandlung, um die es sich handelt, verschieden sein kann.

Ein Differentialtensimeter gelangte hier zur Verwendung, die Umbildung zu löslichem Anhydrit findet bei 95^0 statt.

Noch eine dritte Tension findet man bei der Bildung des totgebrannten Gipses, der Umwandlungspunkt liegt bei 60^0.

Stuckgips ist offenbar Halbhydrat. Estrichgips aber besitzt einen etwas rätselhaften Charakter, dieser lässt sich vielleicht dahin deuten, dass man durch starkes Erhitzen des totgebrannten Gipses die instabile lösliche Form erhalten hat, und dass möglicherweise eine feste Lösung vorliegt. Das Halbhydrat muss metastabil sein, in der That verwandelt sich Stuckgips langsam in Anhydrit und Gips.

Nach einem zusammenfassenden Referate über die letzten Forschungen auf dem Gebiete der Becquerel- und Radiumstrahlen, deren eingehende Behandlung in früheren Nummern dieser Zeitschrift eine Wiedergabe an diesem Orte erspart, demonstrierte sodann F. Giesel (Braunschweig) die Eigenschaften seiner radioaktiven Präparate.

Hierauf sprach W. Wien (Würzburg): „Über positive Elektronen“.

Nach dem absoluten Masssystem ist das Verhältnis $\frac{e}{m}$ für Wasserstoff 10^4, für Kathodenstrahlen rund 10^7. Sieht man sich nun den positiven Teil an, der in den Kathodenröhren den Elektrizitätstransport übernimmt, so findet man, wie bei der Elektrolyse, dass er sich mit ganz anderer Geschwindigkeit bewegt. Am besten eignet sich zu solchen Messungen die Methode, welche Kaufmann zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Becquerelstrahlen angewendet hat: man unterwirft die Strahlen gleichzeitig magnetischer und elektrostatischer Ablenkung, die senkrecht zu einander wirken. Hierbei zeigt sich eine grosse Abweichung von den negativen Elektrons. Während diese eine scharfe Verschiebung ergeben, die zur Berechnung von $\frac{e}{m}$ dient, erhält man bei positiven Elektronen einen ganz verwaschenen Streifen, der kontinuierlich ist, und ein Teil bleibt unabgelenkt. Die Geschwindigkeit der einzelnen Teilchen ist wenig verschieden, während $\frac{e}{m}$ stark wechselt. Selbst bei den reinsten Gasen und konstanter Spannung erhält man jedesmal etwas verschiedene Werte. Am besten arbeitet man mit reiner Wasserstofffüllung, es ergiebt sich da mit ziemlicher Sicherheit für den Grenzstrahl $\frac{e}{m} = 10^4$. Man sollte denken, dass man es also wirklich mit Wasserstoffteilchen zu thun hat, da man aber dieselbe Zahl auch im Sauerstoff wiederfindet, fragt es sich, ob eine solche Annahme zulässig ist. Als Ausweg bleibt freilich die Behauptung, dass es nicht möglich ist, Wasserstoff und Wasser völlig zu entfernen; aber man findet diese Zahl auch nach wochenlangem Durchleiten von trocknem Sauerstoff wieder!

Wenn die Spannung sich in einer Kathodenröhre auf alle Teilchen gleich verteilt, muss ein konstanter Wert für die Geschwindigkeit erhalten werden. Wenn verschiedene Elektrons von der gleichen Kraft bewegt werden, muss $\frac{e}{m}$ konstant bleiben, nun zeigt es sich, dass diese gleichmässige Ablenkung durchaus nicht eintritt, auch bei dieser Anordnung erhält man einen verwaschenen Streifen, dessen centraler Teil gar nicht abgelenkt ist, auch hier zeigt es sich, dass das Ende des Streifens der be-

rechneten Ablenkung entspricht, während alle anderen Strahlen zu wenig abgelenkt sind. Es muss sich das Verhältnis $\frac{e}{m}$ auf dem Wege verändert haben. Eine grössere Spannung kann gar nicht auf die Teilchen eingewirkt haben, eine kleinere wäre möglich, würde aber eine grössere Ablenkung ergeben. Auf dem Wege muss also m grösser oder e kleiner geworden sein, möglicherweise hat teilweise Neutralisation durch minus Elektrons stattgefunden.

Das Verhältnis $\frac{e}{m}$ ist also ausserordentlich verschieden und es ist nicht mit Sicherheit auszusagen, ob wir es mit den Gasionen selbst zu thun haben oder ob die Übereinstimmung eine zufällige ist, für den ersteren Fall ist die Ladung wahrscheinlich durch Neutralisation geändert.

Auch die Fluoreszenz der positiven Elektronen ist etwas verschieden, sie ist schwächer, ihre Farbe hängt von dem Grade der Ablenkung ab. Die stärker abgelenkten Teile erzeugen grünliche Fluoreszenz, die schwächer abgelenkten Teile rufen eine Farbe hervor, die von der Natur des Gases abhängig ist. Beim Wasserstoff erhält man grünliche Fluoreszenz, in verdünntem Sauerstoff dagegen braune, lachsrote mit Quecksilberdampf, in Luft etwas verschieden von Sauerstoff.

Auch Metalloxyde geraten in lebhafte Fluoreszenz, besonders wenn sie aus dem Metalle durch Oxydieren in der Flamme gewonnen worden sind, nicht aber im feuchten Zustande. Sie geben zum Entweichen von Gasen (wahrscheinlich Sauerstoff) Anlass und erfahren eine Veränderung der Oberfläche, Zinkoxyd wird gelb und ebenso Bleioxyd.

Nun spricht A. Coehn (Göttingen): „Über elektrolytische Darstellung neuer Legierungen."

Dank der Überspannung, mit welcher sich Wasserstoff an verschiedenen Metallen entwickelt, gelingt es, auch wasserzersetzende Metalle, sogar in saurer Lösung, abzuscheiden, so gelangt man bis zum Zink. Will man Metalle abscheiden, die eine noch grössere Lösungstension besitzen, so gelingt dies nur an Quecksilberelektroden, wenn sie sich mit Quecksilber verbinden. Redner hat sich nun die Frage gestellt, ob nicht andere Metalle die Rolle des Quecksilbers spielen können; ist dazu flüssiger Zustand erforderlich, so ist ein ähnlicher Vorgang am Woodschen Metall zu erwarten. Das Experiment spricht aber dagegen. Während sich nämlich Ammoniumamalgam in kochend heisser Chlorammoniumlösung an einer Quecksilberkathode bildet, ist ein Ähnliches an einer Elektrode aus geschmolzenem Woodschen Metall nicht zu beobachten.

Dagegen wurde die Aufmerksamkeit auf das Nickel gelenkt. Es besteht nämlich eine alte Vorschrift, welche aussagt, dass der Lösung von Nickelsalzen Magnesiumsulfat zugesetzt werden muss, um gute Niederschläge zu erhalten. Wenn sich hier Magnesium mit Nickel abscheidet, kann dies nicht nebeneinander geschehen, sondern es muss eine Art depolarisierenden Vorganges dabei eintreten. Benutzt man die Methode der Bestimmung von Zersetzungsspannungen, so muss dann die Nickelabscheidung aus reinen Nickelsalzen einer anderen Kurve entsprechen, als bei gleichzeitiger Anwesenheit von Magnesium. Dies ist in der That beobachtet worden. Im letzteren Falle läuft die Kurve anfangs wie die von reinem Nickel, um plötzlich abzubiegen und unterhalb der ersteren zu bleiben. Es zeigte sich auch, dass die Menge des im Niederschlag enthaltenen Magnesiums von der Zusammensetzung der Lösung abhängig ist. Eine an $MgSO_4$ 4 normale Lösung gab im Niederschlage 0,32 Proz. Mg, wenn sie an Nickelsulfat 2— normal war, 1,31 Proz. in 1 normalem, 2,12 Proz. in 0,5 normalem $NiSO_4$. Es wurden Legierungen bis zu 10 Proz. Mg Gehalt erhalten. Die oben genannte Vorschrift für die Nickelabscheidung ist danach gut verständlich: man erhält eine guthaftende Legierung, während reines Nickel abblättert.

Das Wort erhält nun J. Tafel (Würzburg) zu seinem Vortrage: „Über kathodische Polarisationen in verdünnter Schwefelsäure".

Die Depolarisation bei schwachen Strömen hat bereits den Gegenstand vieler Untersuchungen gebildet. Vortragender hat sich nun die Aufgabe gestellt, die Verhältnisse bei höherer Stromdichte zu prüfen und führt die Ergebnisse seiner Messungen an graphischen Darstellungen vor.

Den Schluss der Vormittagssitzung bildete ein Vortrag von F. Haber (Karlsruhe): „Über Aluminiumdarstellung".

Die Gewinnung von Aluminium im elektrischen Ofen ist einer der denkbar einfachsten Prozesse, der immer gute Resultate liefert. Die Dynamomaschine wird durch den Ofen kurz geschlossen, der Schmelzmasse wird zur Verminderung der Spannung zweckgemäss Thonerde zugesetzt. Nach der Elektrolyse befindet sich das massive Aluminium auf dem Boden des Gefässes, haftet aber niemals fest an demselben, sondern ist vielmehr immer durch eine Schmelzkruste von Aluminiumcarbid von demselben getrennt. Ein Kohlestab dient als Anode, ein Kohletiegel als Kathode. Das gewonnene Aluminium ist meist etwas siliciumhaltig, doch lässt sich diese Verunreinigung durch Wahl guter Anoden auf ganz kleine Werte herabsetzen.

In der vierten und letzten Sitzung am

Nachmittage des 10. Mai wurde der erste Vortrag von C. Liebenow (Berlin): „Über die Anwendung der Fuchsschen Methode in der Akkumulatorenpraxis“ gehalten.

Erst seitdem man bei den Spannungsmessungen nach Fuchs eine dritte Elektrode verwendet, lässt sich über das Verhalten der einzelnen Elektroden eines Elementes etwas aussagen, während man früher nur die Differenz erhielt. Vortragender verwendet nach vielen Versuchen als dritte Elektrode Kadmiumamalgam in Schwefelsäure, das in einem Diaphragma eingeschlossen ist und bespricht an der Hand von Beispielen und graphischen Darstellungen die Vorzüge dieser Methode und ihre Wichtigkeit für die Technik.

Hierauf hält J. Billitzer (Wien) einen Vortrag über: „Elektrische Doppelschicht und absolutes Potential“.

H. von Helmholtz erklärt die Erscheinungen der Elektroendosmose und der Überführung schwebender Partikeln zu den Elektroden mit Hilfe der Doppelschicht. Vortragender hat untersucht, ob es gelingt, durch gewisse Zusätze den Sinn der Doppelschicht und hiermit die Bewegungsrichtung unter dem Einflusse des elektrischen Stromes umzukehren; und als dies gelang, suchte er den Punkt auf, an welchem eben diese Umkehr stattfindet (in welchem also die Doppelschicht verschwindet), um die betreffende Kombination, in welcher ein fester Körper an eine Flüssigkeit ohne Potentialsprung grenzt, zur Bestimmung „absoluter“ Potentiale (d. h. einzelner Potentialsprünge, zwischen Elektrode und Lösung) zu benützen.

Drei Methoden gelangten hier zur Anwendung. Nach der ersten wurde die Ablenkung eines feinen an einem Quarzfaden aufgehängten Metalldrahtes aus *Pt*, *Ag* oder *Hg* (Amalgame von Edelmetallen) zwischen zwei Elektroden in verchiedenen Lösungen beobachtet. Es zeigte sich, dass Platin sich wie eine Sauerstoff-, respektive Wasserstoffelektrode verhält, somit gelingt es, seine Potentialdifferenz zur Lösung durch Zusatz von Reduktions- oder Oxydationsmitteln, Erzeugung saurer oder alkalischer Reaktion innerhalb 2 Volt beliebig zu variieren. Das Gleiche erreicht man bei *Hg* und *Ag* durch Änderung der Ionenkonzentration in der Lösung. Bei allen drei Metallen wurde eine Umkehr an demselben Punkte gefunden.

Die zweite Methode beruhte auf der Beobachtung der Wanderung entsprechender kolloidaler Metalle in entsprechenden Lösungen im elektrischen Stromgefälle. Es ergab sich eine gute Übereinstimmung.

Die dritte Methode bildete endlich eine Umkehr der zweiten, indem feine Silber- etc. Partikeln zwischen Silberelektroden in Silbersalzlösungen wechselnder *Ag*-Ionenkonzentrationen herabfielen und zu dem Auftreten eines Stromes Anlass gaben, dessen Sinn und Grösse beobachtet wurde. Auch in diesem Falle war eine Umkehr des Stromes in demselben Punkte zu bemerken.

Die so bestimmten „absoluten“ Potentiale weichen um 0,74 Volt nach der Seite des Sauerstoffes von den früheren ab. Schliesslich bespricht Redner eine Modifikation der Vorstellungen über die Doppelschicht, die durch seine Versuche nahegelegt wird.

Sodann spricht E. Cohen (Amsterdam) über Normalelemente.

Vortragender hat Kadmiumamalgame vom Standpunkte der Phasenlehre eingehend untersucht und beschreibt die Bedingungen, die hiernach für seine Verwendung im Normalelemente zu treffen sind.

Hierauf hält R. Luther (Leipzig) einen Experimentalvortrag über Reduktionen an der Anode.

Wir sind es gewöhnt, an der Kathode Reduktionen, an der Anode Oxydationen zu beobachten. Vortragender führt einige Reaktionen vor, in denen das Umgekehrte stattfindet.

So scheidet sich aus Jodkalium in einer Nitratlösung Jod an der Kathode ab. Der Grund ist darin zu suchen, dass intermediär gebildetes Nitrit die Abscheidung bewirkt.

Eine ziemlich konzentrierte Lösung von $KMnO_4$ und H_2SO_4 reduziert Permangamat an der Anode. Es bildet sich zunächst Wasserstoffsuperoxyd, das $KMnO_4$ entfärbt.

Ebenso wird Permanganat, dem Natriumcarbonat beigefügt wurde, an der Anode glatt entfärbt. Die Wirkung wird in diesem Falle vom gebildeten Percarbonat ausgeübt.

Eine alkalische Goldlösung, der Alkohol zugesetzt ist, scheidet Gold an der Anode ab; intermediär gebildetes Aldehyd giebt hierzu die Ursache ab. Das Gleiche geschieht beim Zusatze von Weinsäure über erst gebildete Ameisensäure.

Alkalische Bromkaliumlösung, der Ammoniak und wenig Kaliumpermanganat zugesetzt ist, färbt sich an der Anode grün unter Bildung von Kaliummanganat. Das Bromid wird zu Hypobromit oxydiert, dieses liefert mit Ammoniak Hydroxylamin, welches das Permanganat reduziert.

Es handelt sich also immer um intermediäre Bildung von Zwischenstufen, die unter reduzierenden Wirkungen an der Anode zerfallen.

Das Wort erhält nun E. Jordis (Erlangen) zu einem Vortrage: „Über Kieselsäure, Alkali- und Erdalkalisilikate“.

Natriumsilikate reagieren nicht nach der Gleichung $Na_2SiO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2SiO_3$ mit Salzsäure, sondern es bleibt Na_2O gebunden, etwa 0,6 Proz., d. h. 1 Na_2O auf

etwa 300 SiO_2. Vortragender sucht dies durch Entstehung von Pyrosäuren zu deuten.

Dann spricht R. Zsigmondi (Jena): Über kolloidale Lösungen".

Vortragender hat nach einer nicht näher erörterten optischen Methode die Teilchengrösse der im kolloidalen Golde enthaltenen Partikeln bestimmt und findet sie 5—10 $\mu\mu$, während noch kleinere Teile nach seiner Methode nicht mehr messbar sind. Er spricht sich gegen die herrschende Annahme aus, dass es zulässig ist, aus der Farbe des Kolloides einen Rückschluss auf die Grösse der Teilchen zu ziehen. Es gelingt ihm, kolloidales Gold in verschiedener Feinheit und gleicher Farbe herzustellen, dagegen aber auch in verschiedener Farbe und gleicher Grösse.

Als letzter Redner demonstriert Fischer (Freiburg) feine Metallspäne und Metallwolle, die auf mechanischem Wege erhalten werden. Die Feinheit zu demonstrieren, zündet er Zinkwolle an, die an der Luft ruhig abbrennt. Die Metallwolle lässt sich zu Platten pressen, was besonders bei der Bleiwolle wegen der Verwendung im Akkumulator an Interesse gewinnt.

Von den geschäftlichen Verhandlungen ist zu berichten, dass der Präsident J. H. van't Hoff auf seinen Wunsch die Stelle niederlegte, die dem bisherigen zweiten Präsidenten Herrn Direktor Böttinger (Elberfeld) erteilt wurde. Es gelangte ferner der Beschluss zur Sprache, eine Herausgabe der Werke Bunzens zu veranstalten.

Endlich drang der im Vorjahre von Geheimrat W. Ostwald gestellte Antrag auf Erweiterung der Ziele und Namensänderung der Gesellschaft nach längerer Debatte durch, und die Gesellschaft beschloss dies in ihrem neuen Namen:

Deutsche Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie

kund zu geben. Jean Billitzer.



Physikalische Chemie.

Besorgt von Prof. Dr. G. C. Schmidt.



M. Rudolphi, Die Molekularrefraktion fester Körper in Lösungen mit verschiedenen Lösungsmitteln (Habilitationsschrift) gr. 8. 57 S. m. Figuren. Ravensburg, O. Maier. 1901. M. 1.20.

Die Frage, mit welcher Sicherheit, sich die Molekularrefraktion einer festen Substanz aus dem Brechungsvermögen einer Lösung derselben ableiten lasse, ist schon häufig diskutiert und experimentell untersucht worden. Gewöhnlich hat man, die Lösung als eine Mischung von festem Körper und Lösungsmittel auffassend, das spezifische Brechungsvermögen des gelösten Körpers berechnet unter Zugrundelegung einer Gleichung der Formel

$$R = R_1 \frac{100}{P} - R_2 \frac{100-P}{P},$$

worin R das spezifische Brechungsvermögen des gelösten Körpers, R_1 dasjenige der Lösung und R_2 das des Lösungsmittels und P den Prozentgehalt bezeichnen. Die Aufstellung einer solchen Gleichung setzt die Annahme voraus, dass die spezifischen Brechungsvermögen der festen Substanz und des Lösungsmittels sich in dem spezifischen Brechungsvermögen der Lösung einfach summieren. Die Beantwortung der Frage, ob dies erlaubt ist, ist aber nicht in einfacher Weise möglich, da man das spezifische Brechungsvermögen verschieden definiert hat. Die Emissionstheorie definiert als spezifisches Brechungsvermögen die Grösse $(n^2-1)/d$, wo d das spezifische Gewicht bedeutet; ferner sind noch folgende Formeln aufgestellt

$$\frac{n-1}{d}; \quad \frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}$$

und

$$\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{1}{d}.$$

Die Beobachtungen wurden mit Hilfe des Pulfrichschen Totalreflektometers für eine Reihe von Linien am Chloralhydrat in Wasser, Alkohol und Toluol ausgeführt. Dieser Körper erwies sich als sehr geeignet, weil er eine ausserordentlich grosse Löslichkeit besitzt. Es zeigte sich, dass die Mischungsregel mit keiner der obenerwähnten Formeln für das spezifische Brechungsvermögen die Beobachtungen wiederzugeben vermochte. Die Grösse R, welche nach der obigen Formel konstant sein sollte, zeigt starke Abweichungen, wie sich besonders gut an den beigegebenen Figuren erkennen lässt, welche die Beziehung zwischen R und Prozentgehalt darstellen.

Keine der drei gebräuchlichen Formeln für das spezifische Refraktionsvermögen scheint bezüglich der Anwendung auf Lösungen besonders geeignet zu sein, wie aus der folgenden Tabelle[1]) hervorgeht:

$$M \cdot \frac{n-1}{d}$$

	H_α	D	H_β
Wasserlösung, Alkohollösung . . .	49,36	49,61	50,28
Toluollösung	52,13	52,15	53,10
Flüss. Chloralhydrat	49,93	50,17	50,88
Aus den Atomrefraktionen berechnet	—	49,27	—

1) Die Tabelle giebt die Molekularrefraktionen an, M bedeutet also das Molekulargewicht. Zur Berechnung der Molekularrefraktion aus den Atomrefraktionen wurden die von Ostwald (Allgem. Chemie I, 444) gegebenen Konstanten benutzt.

$$M \cdot \frac{n^2 - 1}{d}$$

Wasserlösung / Alkohollösung . . .	122,21	123,08	135,12
Toluollösung	129,18	129,37	132,12
Flüss. Chloralhydrat	124,36	125,08	127,21

$$M \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d}$$

Wasserlösung / Alkohollösung . . .	29,214	29,323	29,666
Toluollösung	30,587	30,689	31,125
Flüss. Chloralhydrat	29,450	29,571	29,927
Aus den Atomrefraktionen	29,093	29,191	29,845

Diese Tabellen zeigen, dass die aus den Lösungen in Alkohol und in Wasser erhaltenen Werte weniger von den aus den Atomrefraktionen berechneten abweichen, als die aus flüssigem Chloralhydrat erhaltenen. Dagegen sind die Werte aus den Toluollösungen beträchtlich grösser als die übrigen.

Die Unterschiede der Zahlenwerte sind in den drei Gruppen, wie sie den drei Formeln entsprechen, fast ganz analog. Keine der Formeln scheint daher, wie schon erwähnt, die andere in Bezug auf Tauglichkeit zu übertreffen.

Der so häufig angenommene und zur Erklärung abweichender Resultate herangezogene Einfluss der Dissociation des gelösten Körpers spielt nach den vorliegenden Messungen keine Rolle. Wasser ist anerkannt ein Lösungsmittel von ausserordentlich starker dissociierender Kraft. Der Dissociationsgrad in Alkohol ist gering, Toluol wirkt nicht dissociierend und steht hierin dem Alkohol viel näher, als dieser dem Wasser. Da die aus den alkoholischen Lösungen erhaltenen Werte für das Brechungsvermögen des Chloralhydrats denen aus den wässerigen Lösungen sehr nahe stehen, beide aber sehr stark von den Resultaten aus den Toluollösungen abweichen, so muss man hieraus schliessen, dass der Einfluss der Dissociation gering ist und nicht die Abweichungen erklären kann. Die letzteren rühren vielmehr daher, dass wir noch keine Formel für die spezifische Refraktion haben, deren Anwendung nahezu fehlerlose Resultate liefert.

Aus der Tabelle lässt sich schliesslich noch entnehmen, dass nicht ausnahmslos dasjenige Medium das geeignetste zur Ermittelung der wahren Molekularrefraktion und -dispersion eines Körpers ist, welches dem gelösten Körper optisch am nächsten steht. Optisch am nächsten steht dem Chloralhydrat das Toluol, aber gerade aus Lösungen in diesem ergeben sich die abweichendsten Molekularrefraktionen für das feste Chloralhydrat.

Aus der Arbeit geht also hervor, dass man sich nicht, wie das bisher fast ausschliesslich geschah, bei derartigen Untersuchungen auf ein Lösungsmittel beschränken darf, da die zweckentsprechendste Formel für ein Lösungsmittel eventuell völlig fehlerhafte Resultate bei einem anderen giebt. Den Einfluss des Lösungsmittels zu ergründen, wird sehr schwierig sein, besonders da man die Faktoren noch nicht einmal der Zahl nach kennt, welche auf das Brechungsvermögen des gelösten Körpers einwirken.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 1. Februar 1902.)

BESPRECHUNGEN.

W. v. Bezold, Theoretische Betrachtungen über die Ergebnisse der wissenschaftlichen Luftfahrten des deutschen Vereins zur Förderung der Luftschiffahrt in Berlin. (S. A. aus dem Band 3 der Wissensch. Luftfahrten, herausgeg. von Assmann und Berson. Gesamtpreis 100 M.) 4. 31 S. mit Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1900. M. 1.—.

Es dürfte fast unmöglich sein, ein an Inhalt und Ergebnissen so reiches Werk wie das vorliegende hier in wenigen Worten zu referieren, namentlich auch schon deshalb, weil das Fundament, auf dem es ruht — die Thermodynamik der Atmosphäre, von dem Verf. erst auf den Grad der Ausbildung gebracht, den sie heute aufweist —, leider immer noch nicht allseitig in ihrer Tragweite und Eigenart bekannt ist.

Das thermodynamisch Eigenartige liegt darin, dass die Masseneinheit der Luft nur so lange adiabatische Zustandsänderungen durchläuft, als eine eventuell eingetretene Kondensation des Wasserdampfes nicht einen Teil der Materie herausfallen lässt. Geschieht letzteres, so gehen von da an ganz andere Zustandsänderungen vor sich. Verf. spricht daher von „beschränkt umkehrbaren" und „pseudoadiabatischen" Zustandsänderungen. Solche sind es, welche die Erscheinungen des Föhns, den Unterschied der Witterung in Hoch- und Tiefdruckgebieten, sowie auch in erster Linie den vertikalen Temperaturgradienten beherrschen. Letzterem speziell ist die vorliegende Arbeit gewidmet.

Stellt man die Zustandsänderung auf- oder absteigender Luftströme direkt als Funktion der Temperatur und indirekt als solche des Druckes

dar, indem man statt seiner die Meereshöhe einsetzt, die ihm entspricht, und wählt die Strecke 100 m gleich der für einen Grad, so geht bei einem aufsteigenden Strome die Zustandsänderung auf einer Geraden von 45 Grad Neigung vor sich — überall natürlich adiabatische Vorgänge betrachtet —; sobald der Taupunkt erreicht, tritt ein Knick ein, die Kurve steigt nach oben konvex an und geht schliesslich in dieselbe Neigung wie die der Adiabate des Trockenstadiums über, sobald die Menge des Wasserdampfes Null geworden ist. Im Gegensatz hierzu verläuft ein absteigender Strom stets im Trockenstadium, also stets auf einer Geraden, kommt also mit höherer Temperatur an, als er sie vor dem Aufsteigen besass (Föhn).

Die mittlere Verteilung der Temperatur, im vertikalen Sinne, kann man nun als durch das stete Wechselspiel auf- und absteigender Ströme entstanden denken. Man bekommt daher die Zustandskurve in irgend einer Vertikalen als Mittel zwischen der mittleren aufsteigenden und mittleren absteigenden Zustandsänderung, und wie das im Wesen der Mittelbildung liegt, als eine von der Erde aus zunächst gerade ansteigende, dann in der Region der Kondensationshöhen eingedrückte und nun nach oben schwach konvexe Kurve. Diese theoretische Gestalt wird durch die Beobachtung der Luftfahrten voll bestätigt, nur in den untersten Luftschichten treten andere Verhältnisse auf, da hier die Nähe des Erdbodens einwirkt.

Die Art dieser Einwirkung der Erde ist allerdings eine ganz andere, als man bisher annahm, sie ist nämlich derart, dass sie eine relative Abkühlung der unteren Schichten verursacht. Dass man bisher anderer Ansicht war, war ein Überlegungsfehler. Allerdings erwärmt der Erdboden die unteren Luftschichten, allein dadurch entsteht ein labiles Gleichgewicht. Bald wird die erwärmte Schicht abfliessen, und neue kalte Luft zuströmen. Der Erdboden erwärmt also die unterste Luftschicht nicht über eine bestimmte Grenze. In der Nacht, wo Ausstrahlung eintritt, bleibt dagegen die kalte Luft unten und wird in der Folge nur immer kälter, denn eine Luftsäule ist in stabilem Gleichgewichte während der Ausstrahlung und in labilem während der Einstrahlung. Diese Dinge sind es, welche die Temperaturabnahme in den unteren Schichten bedingen.

Geht man nun von der Zustandsänderung auf die Zustandskurve selbst über, d. h. auf die Kurve, welche für jede Höhe und einen gegebenen Moment den Zustand darstellt, so ergeben sich folgende Betrachtungen über das Gleichgewicht. Ändert ein Luftteilchen seine Temperatur, so wird es spezifisch leichter oder schwerer und muss daher auf- oder absteigen. Man sieht nun leicht ein, dass dann ein stabiler Zustand herrscht, wenn das Teilchen auf einer Adiabate verläuft, die es wieder auf dieselbe Zustandskurve führt, von der es ausging. Dies geschieht mit negativer Beschleunigung. Ist dagegen die Adiabate weniger geneigt als die Zustandskurve, so steigt das Teilchen ad infinitum weiter mit stets wachsender Beschleunigung resp. sinkt so bis zur Erde. Der Zustand ist labil.

Betrachtet man statt der Zustandskurven der Temperatur die der Feuchtigkeit, so ergeben sich auch hier interessante Schlüsse. So liegt die Hälfte alles Wasserdampfes unterhalb einer Schicht von 1600 m.

Die hier besprochenen Fragen finden sich nach ihrer theoretischen Seite dargestelt in des Verf. fünfter Mitteilung zur Thermodynamik der Atmosphäre. Berl. Sitz.-Ber. **20**, 356—372, 1900. Aus beiden Arbeiten seien zum Schluss nachstehende Folgerungen mitgeteilt:

„Adiabatische Zustandsänderungen feuchter Luft lassen die potentielle Temperatur (d. i. durch rein adiabatische Zurückführung auf Normaldruck erhaltene) ungeändert; pseudoadiabatische Zustandsänderung ist nur bei Expansion denkbar."

„Die adiabatische und die pseudoadiabatische Expansion vermindert durch die sie begleitende Kondensation die Abkühlung der mittleren Schichten, die pseudoadiabatische Expansion mit nachfolgender Kompression erwärmt die ganze unterhalb gelegene Atmosphäre. Die Einstrahlung vom Erdboden bildet zwar die Hauptwärmequelle für die gesamte Atmosphäre, wird jedoch, sofern es sich um die relative Temperaturverteilung in der Vertikalen handelt, von der Ausstrahlung überkompensiert."

„Die Ungleichartigkeit in den Vorgängen der Erwärmung und Abkühlung bedingt eine Erniedrigung der Mitteltemperatur der unteren Schichten. In den grössten Höhen, wo Absorption und Emission verschwinden, und beinahe kein Wasserdampf mehr vorhanden ist, bildet adiabatisches Aufsteigen und Niedersinken trockener Luft die einzige Ursache der Temperaturänderung mit der Höhe."

Potsdam. A. Nippoldt.

(Eingegangen 13. März 1902.)

Gustav Keppeler, Chemischer Führer durch die Industrie- und Gewerbe-Ausstellung Düsseldorf 1902. (Auf Veranlassung der Chem. Ztschr., Centralblatt für die Fortschritte der gesamten Chemie, herausgegeben von Prof. Dr. Felix Ahrens, veröffentlicht.) 8^0. IV u. 46 S. Leipzig, S. Hirzel. 1902. M. —.60.

Die Chemische Zeitschrift, welche sich bekanntlich die Aufgabe gestellt hat, in zusammenfassenden, kritisch gesichteten Artikeln die Errungenschaften und Fortschritte auf allen Gebieten der reinen und angewandten Chemie in

kurzen Zeitabschnitten zu registrieren, bringt in diesem Hefte eine Übersicht über die chemische Industrie auf der Industrie- und Gewerbeausstellung in Düsseldorf. Dadurch, dass sich die Verlagsbuchhandlung entschlossen hat, die Abhandlung in Buchform herauszugeben, hat sie allen Besuchern, namentlich den Teilnehmern an der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker, einen grossen Dienst erwiesen.

Im Gegensatz zu anderen Führern wird hier auf die wissenschaftliche Seite mehr Rücksicht genommen, so wird bei den einzelnen Firmen das Prinzip ihrer Verfahren u. s. w. angegeben, so dass es dem Besucher leicht wird, die Hauptgrundsätze der Fabrikation zu verstehen, ohne sich in Einzelheiten zu verlieren. Dem Besucher der Ausstellung, welche eine Übersicht über die vertretene chemische Industrie gewinnen und als Lernender die Haupterrungenschaften der chemischen Technik mit ihren mannigfachen Nebengebieten kennen lernen will, kann der Führer auf das wärmste empfohlen werden.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. Mai 1902.)

Max von Pettenkofer, Über Ölfarbe und Konservierung der Gemälde-Galerien durch das Regenerations-Verfahren. 2. Auflage. gr. 8. VII u. 183 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1902. M. 3.—

Das vorliegende Buch ist der wörtliche Abdruck der im Jahre 1870 erschienenen ersten Auflage. Damals war nach fünfjährigem Kampfe, welchen der Verf. eingehend schildert, das neue Verfahren zur Konservierung der Ölgemälde fast überall angenommen. Den wesentlichen Inhalt bildet die Beschreibung des Verfahrens, sowie die wissenschaftliche Begründung desselben, ferner die Berichte der königlichen Kommission und ein leicht verständlicher Aufsatz von Fr. Pecht über das Pettenkofersche Verfahren. Da das Buch hauptsächlich für Künstler und Chemiker Interesse hat, so muss dieser Hinweis genügen.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 30. Mai 1902.)

H. B. de Saussure, Versuch über die Hygrometrie. 2. Heft. Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 119). 170 S. mit 2 Figuren. Leipzig, Wilh. Engelmann. 1900. Mk. 2.40.

Dieses zweite Heft[1]) der Ostwaldschen Ausgabe enthält die Theorie der Ausdünstung, d. i. Verdunstung und die Anwendung der Hygrometrie auf einige Erscheinungen der Meteorologie. Ersteres dürfte allgemeineres Interesse beanspruchen, während letztere Untersuchungen und Betrachtungen speziell dem Meteorologen von Wert gewesen sind und es auch stets bleiben werden.

1) Vgl. auch diese Zeitschr. 2, 298—299, 1901.

Potsdam. A. Nippoldt.

(Eingegangen 13. März 1902.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Abendroth, William, Leitfaden der Physik mit Einschluss der einfachsten Lehren der mathematischen Geographie nach der Lehr- und Prüfungsordnung von 1893 für Gymnasien. I. Band. Kursus der Unter- und Obersekunda. Dritte Auflage. Mit 152 Holzschnitten. gr. 8⁰. IX u. 221 S. 1902. Leipzig, S. Hirzel. M. 3.60. Gebunden M. 4.—.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Der Observator der Göttinger Sternwarte, Prof. Dr. L. Ambronn, wurde zum a. o. Professor, der Direktor derselben, a. o. Prof. Dr. C. Schwarzschild, zum o. ö. Professor ernannt.

An Stelle des nach Karlsruhe berufenen Dr. Haussner ist der bisherige Privatdozent in Strassburg Dr. Jos. Wellstein als a. o. Professor der Mathematik nach Giessen berufen worden.

Der Privatdozent der Chemie an der Universität Halle Professor Dr. Daniel Vorländer wurde zum a. o. Professor ernannt.

Zum Leiter der neuerrichteten Anstalt für chemische Technologie an der Universität Jena, die die Karl Zeiss-Stiftung und Dr. Schott eingerichtet haben, ist Dr. v. Gerichten, früherer langjähriger Direktor bei den Höchster Farbwerken, berufen worden.

Dem Privatdozent der Chemie an der Universität Kiel Dr. Franz Feist wurde das Prädikat Professor beigelegt.

In Strassburg habilitierte sich Dr. Kohlschütter für Chemie.

Die mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung der Wiener Akademie der Wissenschaften hat den Lieben-Preis, der in Höhe von 2000 Kronen für die beste Veröffentlichung auf dem Gebiete der Chemie alle vier Jahre verteilt wird, dem a. o. Professor an der Wiener Universität Dr. Josef Herzig für sein Werk über „natürliche Farbstoffe" zuerkannt.

Dr. phil. Georg Cantor, o. Professor der Mathematik an der Universität Halle, will in den Ruhestand treten; er gehört dem Lehrkörper der Universität seit länger als 30 Jahren an.

Berichtigungen.

In der Arbeit von Honda, Shimizu und Kusakabe Seite 381 erste Spalte ist in der letzten Spalte der Tabelle für Wolframstahl statt „1928" 1918, statt „1,84" 1,80, in der zweiten Spalte der Tabelle für Nickel statt „0,48" 0,90, statt „1,67" 1,35, in der letzten Spalte statt „3,62" 3,02 zu lesen.

In der folgenden Arbeit der gleichen Verfasser Seite 382 erste Spalte ist in der Tabelle für Nickel 4. Spalte statt „—,0067" —0,0067 zu lesen.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 19. | 1. Juli 1902. Redaktionsschluss für No. 20 am 9. Juli 1902. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Bemerkungen zu den Gewichtsänderungen bei chemischer und physikalischer Umsetzung.

Von Adolf Heydweiller.

Zu meinen Versuchen über Gewichtsänderungen bei chemischer und physikalischer Umsetzung[1]) veröffentlichte Lord Rayleigh (Nature vom 20. Juni 1901 und 15. Mai 1902) einige dankenswerte kritische Bemerkungen, die ich im folgenden mit Gegenäusserungen vereint wiedergebe.

In der ersten Mitteilung weist er darauf hin, dass man noch die Frage aufwerfen könne, ob es sich dabei nur um Gewichts- oder auch um Massenänderung handele. Die Bejahung dieser Frage würde, obwohl mit keiner sicher festgestellten Thatsache in Widerspruch, jedenfalls nur mit Widerstreben aufgenommen; im anderen Falle wären Masse und Gewicht nicht immer proportional, und die Länge des Sekundenpendels nicht unabhängig von seinem Material. Die Abweichungen wären allerdings weit kleiner, als die von Bessel bei seinen Beobachtungen mit *Au*, *Ag*, *Fe*, *Zn*, Marmor und Quarz erreichte Genauigkeit ($^1/_{60000}$), und auch bei bedeutend weiter getriebener Genauigkeit kaum festzustellen.

Eine Einwendung gegen meine Versuche findet Lord Rayleigh in dem Umstande, dass vor der Umwandlung nicht immer ein Gleichgewichtszustand bestanden habe, z. B. nicht bei der Auflösung von $CuSO_4$ in Wasser, wobei vielmehr fortwährend Wasser zum Kupfersulfat destillieren musste, und somit Temperaturänderungen auftraten, die eine scheinbare Gewichtsvermehrung bedingen konnten.

Dass diese Fehlerquelle bei meinen Versuchen keine merkliche Rolle gespielt hat, schliesse ich daraus, dass die Gewichtsverminderung bei der Auflösung von möglichst neutralem $CuSO_4$ in reinem Wasser die Versuchsfehler nicht überstieg und erst bei der Anwesenheit von kleinen Mengen freier Säure den 3- bis 4fachen Betrag erreichte. Immerhin wird bei künftigen Versuchen hierauf zu achten sein.

An der zweiten oben erwähnten Stelle führt Lord Rayleigh an, dass eine Gewichtsänderung bei der Auflösung eines Salzes in Wasser in Widerspruch wäre mit dem Energieprinzip. Da man nämlich die isotherme Auflösung eines Salzes in umkehrbarer Weise vollziehen könne, so würde man im Falle einer begleitenden Gewichtsänderung durch die reversible Ausführung des Vorganges auf einem Schwereniveau und die Zurückführung auf einem anderen den Kreisprozess so leiten können, dass Arbeit aus nichts gewonnen würde.

Die bei der Auflösung von $CuSO_4$ gefundenen Gewichtsänderungen sind nicht die grössten und auffallendsten der bisher beobachteten, aber der Einwand würde auch andere Beobachtungen treffen und auf alle Fälle das Vertrauen in die Realität der Gewichtsänderungen sehr erschüttern, wenn er zuträfe.

Nun ist aber die Umkehrbarkeit eines Vorganges, wie die Auflösung eines Salzes, ein idealer Grenzfall, der vollkommen, oder auch nur mit der hier in Betracht kommenden Genauigkeit ebensowenig realisierbar ist, wie ein Perpetuum mobile, weil sekundäre, reibungsähnliche Vorgänge unvermeidlich sind, und der Arbeitsgewinn auf dem bezeichneten Wege gehört also zu den Unmöglichkeiten.

Meine Versuche haben mich weiter zu der Ansicht geführt, dass die beobachteten Gewichtsverminderungen nicht durch die ausgeführten Umsetzungen selbst, sondern durch sekundäre Vorgänge, vielleicht noch unbekannter Art bedingt sind. Zum Belege berufe ich mich auf den Umstand, dass kleine Beimengungen frem-

1) Diese Zeitschr. 1, 527, 1900. Annalen der Physik 5, 394, 1901.

der Stoffe (Säure z. B.), die mit der Reaktion anscheinend nichts zu thun haben, die Gewichtsänderungen in hohem Masse beeinflussen. Auch der Umstand, dass nur Gewichtsverminderungen beobachtet wurden, ist hier anzuführen. —

Mehrfacher Institutswechsel und die damit verbundene Arbeit haben mich bisher an der Fortführung dieser Versuche verhindert, doch hoffe ich, sie noch im Laufe dieses Jahres wieder aufnehmen zu können.

Dagegen hat Herr Landolt nach einer Mitteilung an die Berliner Akademie (vgl. Naturw. Rundschau 17, 218, 1902) neuerdings sowohl bei der Auflösung von Chlorammonium in Wasser, wie bei der schon früher mit zweifelhaftem Ergebnis untersuchten Reaktion zwischen Jodsäure und Jodwasserstoff merkliche Gewichtsverminderungen erhalten. Mit dem letzten Ergebnis ist nun auch der einzige bisher beobachtete Fall einer merklichen Gewichtsvermehrung als sehr wahrscheinlich auf Versuchsfehlern beruhend beseitigt.

Münster i. W., physikal. Institut, Juni 1902.

(Eingegangen 6. Juni 1902.)

Photochemische Solarisation als Entwicklungsphänomen.

Von J. Precht.

Versteht man unter dem Schwärzungsgrad oder der Dichtigkeit einer entwickelten Bromsilbergelatineschicht, wie es neuerdings üblich ist, den Logarithmus des Verhältnisses der auffallenden zur durchgehenden Lichtintensität, so wächst bekanntlich diese Dichte bei steigender Energiezufuhr zur unentwickelten Platte nicht unbegrenzt, sondern erreicht schnell einen Maximalwert, der lange unverändert erhalten bleibt und von da aus endlich mit fortgesetzter Belichtung wieder abnimmt (Belichtung = Intensität mal Zeit). Den absteigenden Kurvenast bezeichnet man als das Gebiet der Solarisation. Die Solarisation gehört wohl zu den rätselhaftesten Erscheinungen, die man an Bromsilbergelatine beobachtet, besonders seit kürzlich durch Englisch[1]) gezeigt wurde, dass sie unter bestimmten Versuchsbedingungen einen periodischen Verlauf annehmen kann. Man hat die Solarisation auf eine durch im Licht abgespaltenes Brom bewirkte Gerbung der Schicht zurückzuführen versucht[2]) und die Beobachtungen geben den einen Anhaltspunkt dafür, dass bei fortgesetzter Belichtung die Diffusion von Entwickler- und Fixierlösungen in die Schicht hinein erschwert wird. Im folgenden wird gezeigt, dass die Solarisation keine der Bromsilbergelatine als solcher anhaftende Eigenschaft ist, sondern dass sie durch den Vorgang der Entwicklung entsteht und durch richtig geleitete Entwicklung auch vollkommen verschwindet und vermieden werden kann.

Bei diesen Versuchen handelt es sich nicht um Entwicklung solarisierter Schichten, die primär fixiert sind, bei denen also die bei sehr grosser Energiezufuhr erschwerte Diffusion von Thiosulfatlösung in die Schicht das stark belichtete Bromsilber noch nicht völlig gelöst hat, während die weniger belichteten Teile herausgelöst sind, so dass die ersteren nach dem Auswaschen des Thiosulfats für sich allein in gewöhnlicher Weise reduziert werden können.[1]) Das Wesentliche der vorliegenden Versuche besteht vielmehr darin, dass normal belichtete und solarisiert, oder wie man jetzt sagen muss, solarisierend belichtete nebeneinander ohne vorheriges Fixieren normal entwickelbar sind.

Es wird dabei eine bisher unbekannte Eigenschaft saurer Sulfite benutzt, insbesondere des Acetonsulfit-Bayer, das eine saure Sulfitverbindung des Acetons darstellt. Während nämlich nach den vorliegenden Erfahrungen[2]) saure Sulfite wohl die Reduktionsgeschwindigkeit vermindern, hat sich bei einer photographischen Untersuchung des Acetonsulfit-Bayer ergeben[3]), dass diesem eine beträchtliche Bedeutung zur Entwicklung überbelichteter Bromsilbergelatine zukommt, ohne dass dabei andere als die üblichen Entwicklungszeiten notwendig sind. Ich behandle hier nur die Entwicklung von Schichten, die bis zur Solarisationsgrenze und stärker belichtet sind, da diese Erscheinungen ein mehr theoretisches Interesse beanspruchen.

Für die Belichtung kam als Lichtquelle Magnesiumband in Anwendung, von dem 1 cm einer photographisch wirksamen Energiemenge von rund 1200 Hefner-Meter-Sekunden entsprach. Die Bromsilbergelatine wurde nicht direkt, sondern in einem für diesen Zweck abgeänderten Pigmentdruckphotometer (Wynnes Kopieruhr) hinter einer Lochplatte mit 32 kreisförmigen Löchern abnehmenden Durchmessers belichtet. Die Durchmesser der Löcher sind so gewählt, dass die Intensität von einem Loch zum nächsten um ein Fünftel ihres Wertes abnimmt. Die Beurteilung des Resultats wird wesentlich erleichtert durch ein hinter den Löchern angebrachtes Diapositiv, das Zahlen 1 bis 16 und Buchstaben trägt, die sich auf der Versuchsplatte abbilden.

Der Beginn der Solarisation entsprach bei Hervorrufung mit einem Rapidentwickler — ich

1) Englisch, Diese Zeitschr. 3, 1—5, 1901.
2) Luther, Die chem. Vorgänge i. d. Photographie. S. 55. Knapp 1899.

1) Englisch, Diese Zeitschr. 2, 62, 1900.
2) Eder, Handbuch d. Phot. 1, 117; Halle, Knapp. 1890.
3) Precht, Phot. Centralbl. Juli 1902.

verwendete meist Edinollösung 1 : 25 — einer Lichtmenge, die gleich dem 20- bis 25000fachen Betrag der Normalexposition war und für verschieden empfindliche Plattensorten zwischen 32.10^4 und 106.10^4 H.-M.-S. variierte.

Entwickelt man nun eine bis in das Gebiet der Solarisation belichtete Platte in einer Edinollösung 1:25, der 1 Proz. festes Acetonsulfit zugesetzt wird, so beobachtet man folgendes: die Zeit bis zum Erscheinen der ersten Bildspuren wird im Verhältnis 1 : 8 vergrössert, darauf entsteht ein negatives, sehr klares Bild, dieses kräftigt sich bei fortgesetzter Entwicklung, und nach einer Dauer von etwa 3 Minuten fangen die am stärksten belichteten Teile an allmählich in ihrer Umgebung zu verschwimmen; eine Zahl verschwindet nach der anderen und nach Verlauf einer weiteren Minute erscheint in dem am stärksten belichteten Feld ein positives Bild. Die Umkehrung schreitet allmählich fort bis zu demjenigen Feld, das bei Hervorrufung im Rapidentwickler allein sich wie alle voraufgehenden unmittelbar positiv entwickelt. Unterbricht man also den Entwicklungsprozess nach etwa 3 Minuten, so erhält man ein normales Negativ, das keine Spur von Solarisation zeigt und durch Behandlung mit Uranverstärker kopierfähig gemacht werden kann.

Da das Photometer gleichzeitig Belichtungen anzeigt, die sich wie 285 : 1 verhalten, so konnte der Beginn der Solarisation an eine beliebige Stelle der Skala verlegt werden. Die geringste Lichtmenge, bei der noch eben das erste Feld zum Solarisieren gebracht werden konnte, betrug 323000 H.-M.-S. Dann hat das letzte Feld die Menge 1133 H.-M.-S. erhalten. Von diesem Werte aufwärts änderte sich die zugeführte Lichtenergie bis zum Maximalwert von 288.10^4 oder rund 3 Millionen H.-M.-S. Das Versuchsgebiet umfasst damit den Bereich zwischen 1133 H.-M.-S. und dem Neunfachen des Solarisationsbeginns, oder anders ausgedrückt, zwischen dem 22-fachen und 54000fachen der Normalexposition für eine bestimmte Plattensorte oder dem 87-fachen und 180000fachen der Normalexposition für eine andere Plattensorte. Innerhalb dieses Gebiets, das sich also vom Anfang der neutralen Zone durch diese hindurch und über den grössten Umfang des bisher untersuchten Solarisationsgebietes erstreckt, ist das oben gegebene Resultat überall dasselbe. Man kann durch den Zusatz von Acetonsulfit bei rechtzeitiger Unterbrechung des Entwicklungsvorgangs stets ein normales, nicht solarisiertes Negativ erhalten. Demnach ist die Solarisation ausschliesslich als ein Entwicklungsphänomen aufzufassen, das mit der photochemischen Umwandlung der Bromsilbergelatine keine unmittelbaren Beziehungen hat.

Andere saure Sulfite sind bisher nicht untersucht. Von anderen Entwicklern hat mir insbesondere das Pyrophan, ein von den Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Elberfeld, hergestelltes Kondensationsprodukt des Pyrogallols mit einem Amidokörper, in Verbindung mit Acetonsulfit zur normalen Entwicklung stark überexponierter Platten vortreffliche Resultate ergeben. Die benutzten Plattensorten waren bekannte Handelsmarken der üblichen Empfindlichkeit, mit und ohne Farbstoffzusatz. Die empfindlichste derselben erforderte zu einer mittleren Schwärzung den dritten Teil der Energie, welche die am wenigsten empfindliche cet. par. zur gleichen Schwärzung gebrauchte.

Was die Erklärung der Wirkung des sauren Sulfits betrifft, so liegt sie nicht etwa in einer Entgerbung der Schicht an den stärker belichteten Stellen. Es wird im Gegenteil die Diffusionsfähigkeit der Gelatine durch Baden in Acetonsulfitlösung merklich vermindert. Es handelt sich vielmehr um eine Auflösung oder Zersetzung der Oxydationsprodukte des Entwicklers. Man kann das leicht nachweisen, wenn man eine durch Oxydation gebräunte Edinollösung mit Acetonsulfit versetzt. Sie wird wieder klar und die Braunfärbung verschwindet. Es liegt daher nahe, den Vorgang so zu denken, dass an allen belichteten Stellen die Oxydationsprodukte des Entwicklers schnell beseitigt werden. Dauert die Entwicklung lange, so tritt der bekannte Unterschied hervor, dass an den stark belichteten Stellen frischer Entwickler weniger schnell eindringt als an den schwach belichteten; letztere werden daher relativ beträchtlich stärker reduziert und man erhält diese positiv-solarisiert gegenüber den andern. Die stark verzögernde Wirkung des Acetonsulfits und die bei langsamer Reduktion mögliche Vernichtung der Oxydationsprodukte erlaubt also, den Entwicklungsprozess in einem Stadium zu unterbrechen, bei welchem noch das normale Verhältnis der Schwärzungen zum Ausdruck kommt.

Hat man mehrfach das allmähliche Auftreten der Solarisation bei fortschreitender Entwicklungsdauer beobachtet, so kann man auch bei gewöhnlicher Entwicklung mit einem Rapidentwickler in den ersten Augenblicken seiner Einwirkung das negative Bild erkennen, das allerdings dann sehr schnell umschlägt. Ich bemerke übrigens, dass bei den meisten Aufnahmen mit der üblichen Entwicklung die Solarisation genau soweit erfolgte, als die Schicht bei der Belichtung sichtbar gefärbt war und ein Bild auch ohne Entwicklung schon zeigte.

Noch ein weiterer Punkt scheint mir Interesse zu beanspruchen. Wird nämlich irgend eine Schicht soweit belichtet, wie es dem Gebiet der sogenannten neutralen Zone (Belichtung etwa 10^2 bis 10^4 normal) oder auch der völligen So-

larisation (Belichtung > $2 \cdot 10^4$ normal) entspricht und in der angegebenen Weise als Negativ entwickelt, so zeigt dieses Negativ, aus welchem Belichtungsgebiet es auch stammen möge, trotz der ausserordentlichen Energiemengen, die gewirkt haben, ganz klare Intensitätsunterschiede zwischen Anfang und Ende der Photometerskala. Die photographische Schicht ist also an sich keineswegs blind für Intensitätsunterschiede, wenn auch die absoluten Intensitäten ausserordentlich gross sind und nur die übliche Art der Entwicklung hat bisher verhindert, diese Unterschiede wahrnehmbar zu machen. Diese Thatsache scheint mir der rein chemischen Auffassung des photographischen Vorgangs einige Schwierigkeiten zu bereiten, denn danach sollte angenommen werden, dass der Gleichgewichtsdruck des Halogens schliesslich einen Grenzwert erreicht, bei dem die weitere Lichtwirkung zum Stillstand kommt.

Nebenbei erwähne ich, dass die maximale Dichtigkeit des Silberniederschlags, die bei der gewöhnlichen Entwicklungsmethode mit dem 25- bis 35fachen Werte der Normalexposition erreicht wird, durch Entwicklung mit Acetonsulfit in einem besonderen Falle auf den 1400-fachen Wert der Normalexposition verlegt werden konnte. Hieraus geht deutlich hervor, wie sehr das Verhältnis zweier photographischer Schwärzungen von der Entwicklung abhängt.

Die Art der Energiezufuhr ist für das Resultat der Solarisation, wie Englisch[1]) gezeigt hat, nicht ohne Bedeutung. So erhielt ich zum Beispiel bei meinen Versuchen verschiedene Ergebnisse, wenn ich aus 14 cm Abstand mit 3 Streifen Magnesiumband von je 16 cm Länge belichtete und wenn bei gleichem Abstand 24 Streifen von je 2 cm Länge verbrannt wurden. Im letzteren Falle muss jeder Streifen um ein gemessenes kleines Stück länger als 20 mm geschnitten werden, da das Magnesium nicht völlig bis an die haltende Klammer verbrennt. Trotz dieser Vorsicht erhält man folgende Unterschiede bei der üblichen Entwicklungsmethode. Mit 3 Streifen von je 16 cm *Mg* solarisiert die Platte bis zur Photometernummer 13, 14 hebt sich nicht von der Umgebung ab und ist unsichtbar, 15 ist deutlich negativ. 24 Streifen von je 2 cm geben 1 bis 7 positiv, 8 negativ, 9 unsichtbar, 10 und 11 positiv, 12 und alle folgenden negativ. Entwicklungsdauer in beiden Fällen 3 Minuten im Edinolentwickler 1 : 25. Die mit vielen kleineren Lichtmengen belichtete Platte zeigt also einen deutlich periodischen Charakter. Entwickelt man zwei ganz entsprechend belichtete Platten mit Zusatz von Acetonsulfit-Bayer ebenfalls 3 Minuten, so erhält man zwei ganz gleiche Negative. Scheinen danach die Perioden durch diese Art der Entwicklung völlig zu verschwinden, so hebe ich doch ausdrücklich hervor, dass noch ein Widerspruch insofern besteht, als es nicht gelang, bei direkter streifenweiser Belichtung einer Platte in der mit Centimeterteilung versehenen Schiebekasette die Perioden durch die Entwicklung zu beseitigen.

1) Englisch, l. c.

Dass übrigens die Anwendung des Photometers für die vorliegende Untersuchung allen billigen Anforderungen an Genauigkeit durchaus entspricht, zeigt zum Beispiel folgender Versuch: Auf einer unempfindlichen Plattensorte solarisierten bei gewöhnlicher Entwicklung mit der Exposition 54000 normal die Photometerstufen 1 bis 6, bei Belichtung mit 36000 normal die Stufen 1 bis 4. Berechnet man aus dem Intensitätsverhältnis der Photometernummern die Lichtmengen, die gerade eben ausreichen, um das erste Feld bei der Entwicklung zu solarisieren, so findet man 20810 und 21690 normal, also eine Übereinstimmung bis auf $4^1/_4$ Proz. Ich glaube nicht, dass man berechtigt sein könnte, bei solchen Arbeiten mehr zu erwarten.

Als gesichertes Resultat der beschriebenen Versuche wird man also ansehen dürfen, dass die neutrale Zone und die Solarisationserscheinungen der Bromsilbergelatine selbst nicht angehören, sondern ihre Ursache in Entwicklungsvorgängen haben und durch geänderte Entwicklung vollkommen beseitigt werden können.

Hannover, physikalisches Institut der Technischen Hochschule, 1. Juni 1902.

(Eingegangen 11. Juni 1902.)

Die Verwendung des elektrischen Bogenlichtes in Projektions- und Vergrösserungsapparaten.

Von Hugo Krüss.

Seit man die Helligkeit der elektrischen Bogenlampen photometrisch feststellte, wusste man, dass die Verteilung des Lichtes eine recht ungleichmässige ist und dass bei den gewöhnlich üblichen Bogenlampen nach oben und in horizontaler Richtung verhältnismässig wenig Licht ausgesandt wird, die Hauptmenge des erzeugten Lichtes dagegen nach unten ausstrahlt, so dass das Maximum sich zwischen 40 und 60 Grad unter der Horizontalen befindet. Die Ursache davon liegt bekanntlich in der Bildung eines hellleuchtenden Kraters am unteren Ende der oberen positiven Kohle, welcher seine ganze Lichtfülle nach unten schickt.

Diese Eigenschaft des elektrischen Bogenlichtes ist bei seiner Anwendung zur gewöhnlichen Beleuchtung von grossem Vorteil, da ja die Bogenlampen hoch zu hängen pflegen und die unter ihnen liegenden Objekte erhellen

sollen, ausserdem aber die grossen Unterschiede in der Lichtausstrahlung nach verschiedenen Richtungen durch die den Flammenbogen umschliessenden matten Glasglocken ausgeglichen werden.

Sobald aber das Licht der elektrischen Bogenlampen durch Linsen gesammelt werden soll, erfordert die geschilderte Ungleichmässigkeit in der Lichtausstrahlung eine besondere Berücksichtigung. Stellt man die elektrische Bogenlampe hinter den senkrecht stehenden Linsen senkrecht auf, so wird nach dem Geschilderten der untere Teil der Linse wohl eine beträchtliche Lichtmenge erhalten, in ihre Mitte wird aber recht wenig und auf die obere Hälfte fast gar kein Licht fallen. Dazu kommt noch ein anderer höchst störender Umstand, nämlich der, dass sich der elektrische Lichtbogen nicht immer centrisch zwischen den beiden Kohlenspitzen befindet, sondern zuweilen, wahrscheinlich verursacht durch Ungleichmässigkeiten in der Kohle, auch um die Kohlen herumläuft, derart, dass zeitweilig nach der Linsenseite nur ganz wenig Licht ausgestrahlt wird, sondern fast die ganze Lichtmenge dahin gesandt wird, wo man sie nicht braucht.

Diese Übelstände sind zuerst bei der Einführung des elektrischen Lichtes auf Leuchttürmen empfunden worden, in welchen ein aus Prismen und Linsen zusammengesetzter optischer Apparat das Licht der Lichtquelle in ein oder mehrere Lichtbüschel sammelt. Es sind hier zwei Auswege gefunden worden. Der eine Weg ist der, dass man die elektrische Bogenlampe so weit mit dem oberen Ende nach rückwärts neigt, dass das Maximum der Lichtausstrahlung in die Horizontale, also auf die Mitte der Linsen fällt. Dabei bleibt natürlich bestehen, dass der grösste Teil des erzeugten Lichtes nach hinten verloren geht oder auch einmal bei wanderndem Flammenbogen zeitweilig gar kein Licht auf die Linsen fällt. Ein dadurch herbeigeführtes scheinbares Erlöschen des Leuchtturmfeuers, wenn auch nur auf kürzere Zeit, kann ausserordentlich unheilvoll wirken.

Deshalb kam man sehr bald auf den sehr nützlichen Gedanken, bei senkrechter Stellung der Bogenlampe die Kohlenspitzen so zu stellen, dass die Achse der unteren negativen Spitze in einer Vertikalen mit dem Vorderrande der positiven oberen Kohlenspitze liegt. Dann bildet sich kein vertiefter Krater in der oberen Kohle, sondern sie brennt schräg nach vorne ab; nach hinten wird fast gar kein Licht ausgestrahlt, sondern die grösste Menge des erzeugten Lichtes nach vorne gebracht, wo man es braucht.

Douglass fand[1]), dass bei dieser Anordnung der Kohlen, wenn man die Lichtstärke bei Stellung der Achsen der Kohlenspitzen in dieselbe Vertikale = 100 setzt,

nach vorne die Helligkeit 287
„ rechts „ „ 116
„ links „ „ 116
„ hinten „ „ 38

ausgestrahlt wird. Fig. 1 stellt dieses Resultat in der ausgezeichneten Kurve dar, in welcher B den Ort des elektrischen Lichtbogens bedeutet, während der punktierte Kreis die Lichtverteilung bei axialer Stellung der unteren Kohlenspitze zur oberen darstellt. Man sieht also, dass die nach hinten ausgesandte Lichtmenge thatsächlich sehr gering ist.

Sehr ähnliche Verhältnisse wie bei der Leuchtturmbeleuchtung finden sich bei Benutzung des elektrischen Bogenlichtes in Pro-

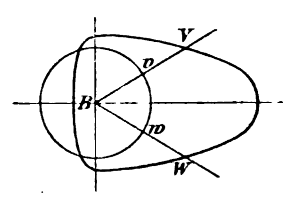


Fig. 1.

jektions- und Vergrösserungsapparaten. Auch hier ist eine Bogenlampe mit gewöhnlicher Kohlenstellung gar nicht zu gebrauchen, auch hier wird man also mit Vorteil entweder die ganze Lampe neigen, oder die Kohlen gegeneinander verschieben oder auch beides thun, alle diese Fälle findet man in Projektionsapparaten thatsächlich vor und in der Litteratur empfohlen.

Betrachten wir zunächst die auf Grund der Douglassschen Angaben gezeichnete Figur 1. Es sei dabei die ungefähr zutreffende Annahme gemacht, dass der Leuchtwinkel der Lichtquelle, d. h. der Winkel, unter welchem die der Lichtquelle nächste Fläche der Beleuchtungslinsen von der Lichtquelle aus erscheint[1]), 60 Grad betrage. Ist dieser Winkel durch die Linien BV und BW in der Figur angedeutet, so stellen die Flächen VBW und vBw das Verhältnis der auf die Beleuchtungslinsen fallenden Lichtmengen in den beiden Kohlenstellungen dar. Man sieht, dass weit mehr als die doppelte Lichtmenge auf die Linsen trifft bei der excentrischen Stellung der unteren Kohle als bei der axialen Stellung.

Bei diesem grossen, durch einfache Verschiebung der unteren Kohle nach vorn zu erreichenden Helligkeitszuwachs entsteht die Frage, ob denn für Projektionsapparate ein Neigen der

1) Correspondence and reports on the subject of comparative triols of the electric light at South Foreland, London 1877. Dingl. Journ. **227**, 201, 1878.

1) s. H. Krüss, Die Abhängigkeit der Helligkeit von Projektions- und Vergrösserungsapparaten von ihren optischen Bestandteilen. Phot. Rundschau **15**, 133, 1901.

Lampe nach rückwärts überhaupt nötig oder nützlich sei. Zur Entscheidung derselben habe ich einige Versuche mit einem Handregulator angestellt, bei welchem sowohl die Neigung der ganzen Lampe messbar veränderlich war, als auch die Stellung der Kohlen zu einander. Als obere Kohle wurde eine Dochtkohle von 13 mm Durchmesser, als untere eine homogene Kohle von 10 mm Durchmesser gebrannt und ein Strom von etwa 8 Ampère benutzt.

Ich habe die Helligkeitsverteilung in drei verschiedenen Stellungen der Kohlen zu einander festgestellt, in allen dreien waren die Achsen der beiden Kohlen einander parallel, in der ersten standen sie centrisch zu einander, so dass also die Achse der unteren Kohle in der

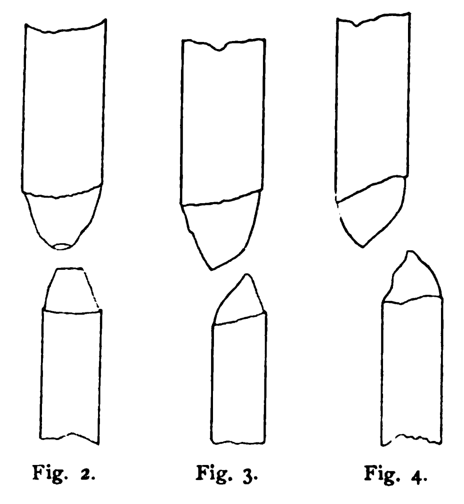


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Verlängerung der Achse der oberen sich befand, in der zweiten war die untere Kohle so weit vorgeschoben, dass die vorderen Kanten der Kohlen in einer Ebene standen, und in der dritten so weit, dass die Achse der unteren Kohle sich in der Verlängerung der Vorderkante der oberen befand. Diese drei Stellungen sind in Fig. 2—4 dargestellt, aus welchen auch gleichzeitig die Form erkennbar ist, welche die Kohlenspitzen infolge des Abbrennens annehmen.

In Fig. 2 ist der in die obere positive Kohle nach innen eingebrannte Krater, welcher seine hellleuchtende Fläche nach unten kehrt, nicht sichtbar, in Fig. 3 sieht man, dass die obere Kohlenspitze schräg nach vorne abgebrannt ist und in Fig. 4 ist diese schräge Fläche noch vergrössert.

Da die photometrischen Messungen nur den Zweck hatten, die Helligkeitsverteilung festzustellen, habe ich in den folgenden Tabellen, welche die Ergebnisse der Messungen enthalten, überall das Maximum der Helligkeit, welches natürlich bei den verschiedenen Kohlenstellungen in verschiedenen Ausstrahlungsrichtungen liegt, = 10 gesetzt; als positiv ist die Richtung nach oben, als negativ diejenige nach unten bezeichnet.

Ausstrahlungs-richtung	I Kohlen centr. zu einander	II Kohlen vorn gleich	III Achse der unter. Kohle auf Kante der ob.
$+90^0$	0.0	0.0	0.0
$+80^0$	0.0	0.0	0.3
$+70^0$	0.2	0.1	0.4
$+60^0$	0.4	0.1	0.7
$+50^0$	0.7	0.1	1.0
$+40^0$	1.0	0.1	1.2
$+30^0$	1.1	0.1	2.3
$+20^0$	1.2	0.2	4.3
$+10^0$	1.2	0.4	6.8
0^0	1.3	7.3	8.3
-10^0	4.3	8.6	9.1
-20^0	6.0	10.0	10.0
-30^0	8.4	10.0	8.3
-40^0	10.0	9.0	6.8
-50^0	10.0	7.1	2.2
-60^0	7.2	4.2	0.4
-70^0	4.7	2.5	0.2
-80^0	0.2	0.2	0.1
-90^0	0.0	0.0	0.0

In Fig. 5—7 sind die Zahlen der vorstehenden Tabelle graphisch dargestellt; Fig. 5 stellt

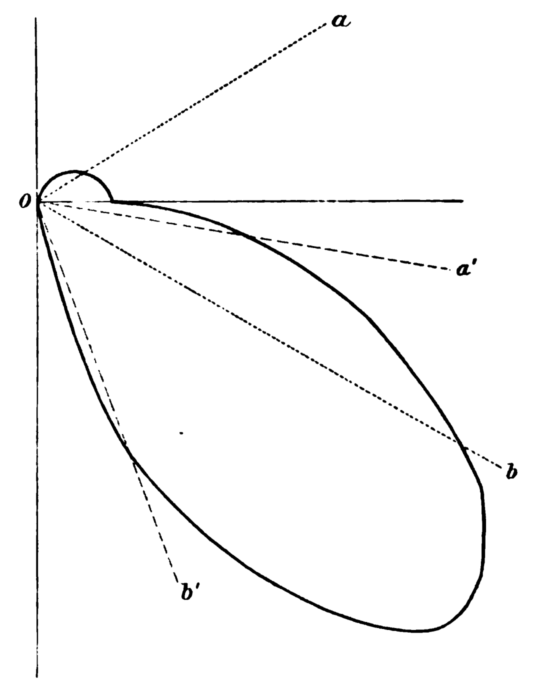


Fig. 5.

die Lichtausstrahlung im Falle I der centrischen Kohlenstellung dar, Fig. 6 diejenige der Anordnung II, bei welcher die Kohlen vorne gleich sind, und Fig. 7 den Fall III, wo die Achse der unteren Kohle auf die Kante der oberen gerichtet ist. Das Maximum befindet sich im Falle I bei -40^0 bis -50^0, im Falle II bei

—20⁰ bis —30⁰, im Falle III bei —20⁰, je weiter man also die untere Kohle nach vorne rückt, in desto weniger nach unten geneigter Richtung liegt das Maximum.

Es wird nun bei Projektionsapparaten ein

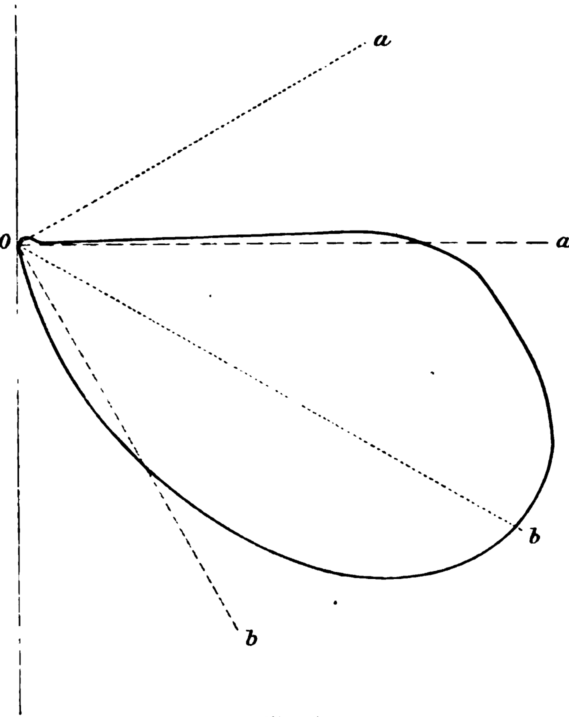


Fig. 6.

Leuchtwinkel von etwa 60⁰ ausgenutzt. Denkt man sich zunächst die Kohlen der Bogenlampe

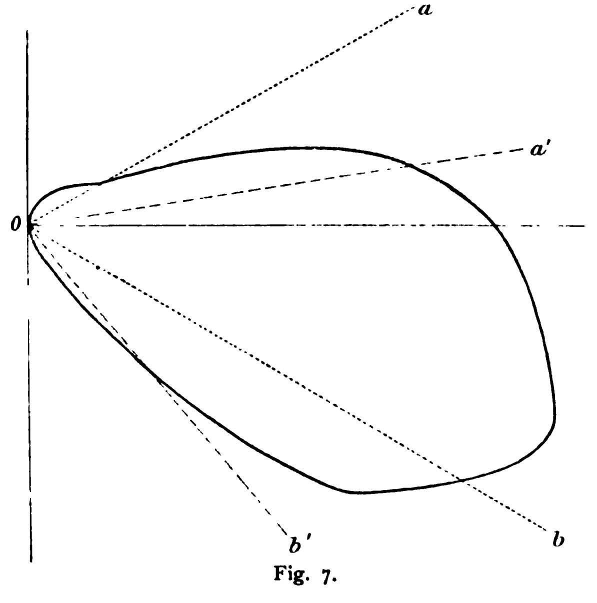


Fig. 7.

senkrecht stehend, so kommt diejenige Lichtmenge zur Wirkung, welche zwischen den Winkeln +30⁰ und —30⁰ liegt. Diese Winkel sind in den drei Figuren durch punktierte Linien *aOb* bezeichnet. Man sieht, dass in den Fällen I und II ausserordentlich wenig Licht auf den oberen Teil der Linsen fällt, da oberhalb der Horizontalen fast kein Licht ausgestrahlt wird. Ganz bedeutend günstiger liegen die Verhältnisse im Falle III und es thut thatsächlich eine Bogenlampe mit senkrecht stehenden Kohlen, bei denen die untere so weit vorgeschoben ist, dass ihre Achse mit der Vorderkante der oberen zusammenfällt, für Projektionsapparate gute Dienste und pflegt dort auch in Handregulatoren angewendet zu werden.

Eine bedeutend grössere Wirkung und zugleich eine bessere, weit gleichmässigere Lichtverteilung erzielt man aber dadurch, dass man die elektrische Lampe so weit schräg stellt, dass der zu benutzende Leuchtwinkel von 60⁰ die grösstmögliche Lichtmenge enthält. Zu diesem Zwecke wird man, wie aus den Figuren leicht ersichtlich ist, im Falle I den Winkel von —10⁰ bis —70⁰ benutzen, die Lampe also um 40⁰ neigen, im Falle II den Winkel von 0⁰ bis 60⁰, so dass die Lampe um 30⁰ geneigt wird, und im Falle III den Winkel von +10⁰ bis —50⁰, wobei die Lampe eine Neigung von 20⁰ einnimmt. In den Figuren 5—7 ist die in diesen Fällen zur Benutzung kommende Lichtmenge in dem mit gestrichelten Linien bezeichneten Winkel *a'Ob'* eingeschlossen.

Es fällt sofort die ausserordentliche Überlegenheit der in dem letzteren Winkelraum enthaltenen Lichtmenge gegenüber dem bei senkrechter Kohlenstellung in dem Winkelraum *aOb* vorhandenen auf, gleichzeitig aber auch, dass der Fall II, in welchem die Achse der unteren Kohle auf die Vorderkante der oberen zielt, der günstigste von den drei betrachteten Fällen zu sein scheint. Einen genauen Aufschluss hierüber würde die Ausmessung der von den Kurven eingenommenen Flächen geben, jedoch erhält man einen für den vorliegenden Zweck vollkommen ausreichenden Anhalt für die Verhältnisse, wenn man einfach die in den einzelnen Fällen zur Verwendung kommenden Helligkeiten, wie sie von 10⁰ zu 10⁰ bestimmt wurden, addiert. Solches geschieht in den nachfolgenden Zusammenstellungen.

A. Winkelraum *aOb*, Kohlen senkrecht.

Ausstrahlungs-richtung	I Kohlen centr. zu einander	II Kohlen vorn gleich	III Achse der unt. Kohle auf Kante der ob.
+30⁰	1.1	0.1	2.3
+20⁰	1.2	0.2	4.3
+10⁰	1.2	0.4	6.0
0⁰	1.3	7.3	8.3
—10⁰	4.3	8.6	9.1
—20⁰	6.0	10.0	10.0
—30⁰	8.4	10.0	8.3
Summe	23.5	36.6	49.1
Über der Horizontalen	3.5	0.7	13.4
Unter d. Horizontalen	18.7	28.6	27.4

B. Winkelraum $a'Ob'$, Kohlen geneigt.

I Kohlen centrisch zu einander		II Kohlen vorn gleich		III Achse d. unt. Kohle auf Kante der oberen	
Ausstrahlungsrichtung	Lichtmenge	Ausstrahlungsrichtung	Lichtmenge	Ausstrahlungsrichtung	Lichtmenge
-10^0	4.3	0^0	7.3	$+10^0$	6.8
-20^0	6.0	-10^0	8.6	0^0	8.3
-30^0	8.4	-20^0	10.0	-10^0	9.1
-40^0	10.0	-30^0	10.0	-20^0	10.0
-50^0	10.0	-40^0	9.0	-30^0	5.3
-60^0	7.2	-50^0	7.1	-40^0	6.8
-70^0	4.7	-60^0	4.2	-50^0	2.2
	50.6		56.2		51.5
Über d. Horizontalen	18.7		25.9		24.2
Unter d. Horizontalen	21.9		20.3		17.3

Durch die so gewonnenen Zahlen tritt vollkommen klar hervor, was schon der Anblick der Kurven lehrte; nämlich zunächst bei der senkrechten Stellung der Kohlen die sehr geringe Lichtausbeute in den Fällen I und II im Verein mit der ungleichmässigen Lichtverteilung, welche sich aus der Summation der drei über und der drei unter der Horizontalen gemessenen relativen Lichtstärken ergiebt. Sodann aber zeigt sich die Überlegenheit des Falles III über die beiden vorhergehenden sowohl in Bezug auf die Verteilung des Lichtes als die Gesamtlichtmenge. Nimmt man dazu den weiter oben ausgeführten Vorteil, dass wie die Messungen von Douglass ergeben, überhaupt mehr als die doppelte Lichtmenge nach vorn ausgestrahlt wird durch das Vorrücken der unteren Kohle in der Art des Falles III wie bei centrischer Kohlenstellung (I), so sieht man, dass durch die Anordnung III die Linsen über viermal soviel Licht empfangen als im Falle I.

Durch die Neigung der Lampe werden aber die Lichtverhältnisse bei Verwendung des elektrischen Bogenlichtes in Projektionsapparaten noch bei weitem bessere. Hier überwiegt schon der Fall I der centrischen Kohlenstellung in Bezug auf die Gleichmässigkeit der Lichtverteilung den bei senkrechter Kohlenstellung günstigsten Fall III, während, wie eben erst ausgeführt, die gegen die Linsen gerichtete Gesamtlichtmenge naturgemäss kleiner ist, da nach allen Seiten gleichmässig Licht ausgestrahlt wird und nicht nur nach vorn. Es ist aber die Lichtmenge oberhalb der Horizontalen beinahe gleichgross wie diejenige unterhalb derselben.

Im Falle II ist dieses Verhältnis schon umgekehrt, oben ist mehr Licht als unten, im Falle III wird dieses Verhältnis noch verstärkt. Es erscheint also Fall II als der günstigste, da auch die zur Verwendung in dem Leuchtwinkel von 60^0 kommende Gesamtlichtmenge die grösste ist. Vielleicht würde sogar eine noch geringere Verrückung der unteren Kohle nach vorn noch etwas vorteilhafter sein, falls dann nicht doch eine erheblichere Lichtausstrahlung nach hinten eintreten sollte, welche in dem Falle II, dass die Kohlen vorne in gerader Linie stehen, fast nicht vorhanden ist.

Was die Verteilung des Lichtes in horizontaler Ebene anbetrifft, so ist die Lichtausstrahlung bei der centralen Stellung der Kohlen (Fall I) theoretisch in allen Richtungen die gleiche, wenn auch thatsächlich, wie schon hervorgehoben, der Lichtbogen häufig seine Stellung ändert und so die grösste Lichtausstrahlung in wechselnden Richtungen stattfinden lässt. Die Verhältnisse für den Fall III lassen sich schon aus der Fig. 1 entnehmen, welcher die Douglassschen Versuche zu Grunde liegen; beschränkt man wieder das Interesse auf einen Leuchtwinkel von 60^0, der durch die Linien *NBW* dargestellt ist, so ergiebt sich in der Richtung von 30^0 nach der Seite eine Lichtmenge von etwa 70% der nach vorn ausgestrahlten Lichtmenge.

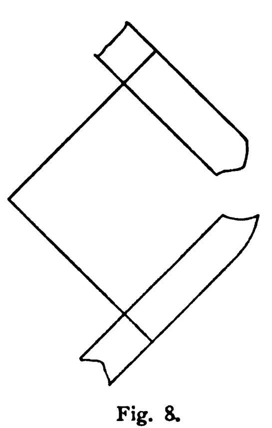


Fig. 8.

Für den Fall II, in welchem die untere Kohle nur wenig vorgerückt ist, aber fast kein Licht nach hinten gesandt wird, habe ich in dieser Beziehung einige Versuche gemacht und in der Richtung von 30^0 nach der Seite 90% der nach vorn strahlenden Helligkeit gefunden. Es ist also auch in dieser Beziehung der Fall II dem Fall III vorzuziehen; die Bogenlampe giebt in der That, wie auch Versuche im Projekionsapparat selbst erwiesen haben, die stärkste und gleichmässigste Beleuchtung, wenn sie bei ganz geringer Rückung der unteren Kohle nach vorn um etwa 30^0 geneigt wird.

Es ist noch ein kurzes Wort zu sagen über eine Kohlenstellung, welche man zuweilen in Handregulatoren angewandt findet; sie ist in Fig. 8 dargestellt. Die beiden Kohlen bilden einen Winkel gegeneinander, während bei den senkrecht dazu stehenden Haltern durch ein auf beide gleichzeitig wirkendes Rad oder eine andere Vorrichtung der Winkel, welchen sie zu einander bilden, verändert und so bei Abbrennen

der Kohlen deren Spitzen einander wieder genähert werden können. Das giebt einen verhältnismässig einfachen Regulierungsmechanismus.

Abgesehen davon, dass beim Abbrennen der Kohlen sich die Entfernung des leuchtenden Punktes von den Linsen ändert, ist zunächst zu betonen, dass auch hier der Lichtbogen leicht nach hinten läuft und infolgedessen nur wenig Licht nach vorn gestrahlt wird, wenn man solches nicht durch Vorschieben der unteren Kohle verhindert. Die Abbrenn- und Lichtausstrahlungsverhältnisse können aber hier bei weitem nicht so günstig sein, wie in der bisher

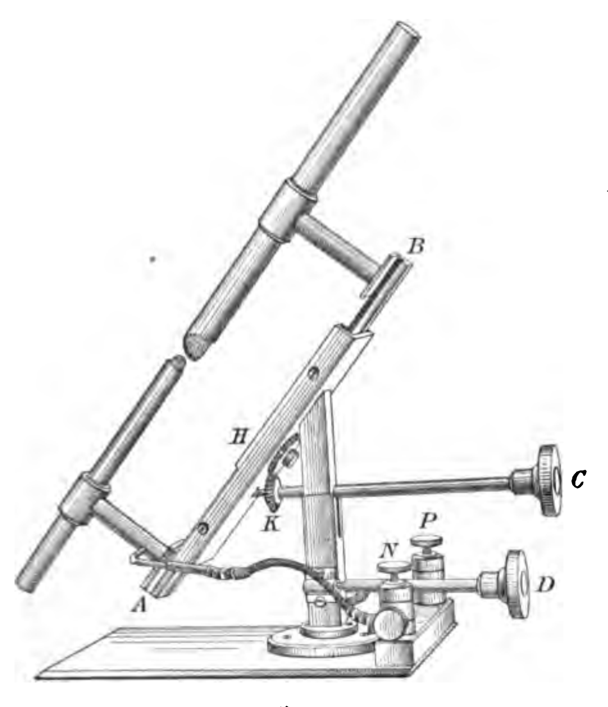


Fig. 9.

als beste festgestellten Anordnung des Falles II, da die gegeneinander gekehrten Brandflächen der beiden Kohlen hauptsächlich nach unten und nach oben ihr Licht aussenden. Von einigermassen günstiger Wirkung ist diese Anordnung nur unter Verwendung schwächerer Ströme, da die hierzu benutzten dünneren Kohlen in ihrer ganzen Masse in Glut versetzt werden, also auch regelmässig nach vorn Licht ausstrahlen.

Aus den vorstehend geschilderten Versuchen ist ein einfacher Handregulator für Projektionszwecke (Fig. 9) hervorgegangen, bei welchem die Kohlen um etwa 30° geneigt sind und die untere Kohle nur wenig vorgerückt ist, so dass die Vorderflächen der beiden Kohlen in einer Geraden liegen. Die untere Kohle ist bei *A* isoliert aufgesetzt und direkt mit der Polklemme *N* verbunden, während von der Klemme *P* für den positiven Pol der Strom an das Lampengestell geführt ist.

Die beiden Kohlehalter *A* und *B* sind verschiebbar in dem flachen Stücke *H* und zwar gleichmässig durch ein Triebrad *K*, welches durch den isolierten Knopf *C* gedreht werden kann. Hierdurch wird also der Lichtbogen gebildet, während durch Drehung an dem ebenfalls isolierten Knopf *D* die ganze Lampe gehoben oder gesenkt, also der leuchtende Punkt in die optische Achse des Projektionsapparates gebracht werden kann. Dieser Handregulator lässt sich natürlich für Kohlen verschiedener Dicke, also für verschiedene Stromstärken einrichten.

(Eingegangen am 31. Mai 1902.)

Über die Wirkung eines Magnetfeldes auf das Leuchten eines verdünnten Gases rings um einen Draht, welcher an einen Induktorpol angeschlossen ist.

Von J. Borgmann.

Ich hatte schon Gelegenheit, in dieser Zeitschrift **2**, 659, 1901 eine kurze Beschreibung der äusserst schönen Lichterscheinungen mitzuteilen, die man in einer evakuierten Glasröhre rings um einen in der Richtung der Längsachse eingeschmolzenen Draht beobachtet, wenn ein Ende des Drahtes an einen Induktorpol angeschlossen, der andere Induktorpol geerdet ist, und ausserdem den Polen eine Funkenstrecke parallel geschaltet wird. Die in der erwähnten Mitteilung beschriebenen Erscheinungen werden besonders auffallend in Röhren von grösserem Durchmesser; ich benutze meistens Röhren von 5 cm Durchmesser und 1 m Länge. Die bei der beschriebenen Anordnung entstehenden Lichterscheinungen werden merkbar durch die Nähe von leitenden Körpern beeinflusst; um diese Einwirkung möglichst auszuschliessen, hänge ich die Röhren in horizontaler Lage in ziemlicher Entfernung vom Erdboden auf und schliesse den Draht in der Röhre an den Induktorpol mittels eines äusserst dünnen Drahtes an; dabei wird das Drahtende gewöhnlich n i c h t u n m i t t e l b a r an den Induktorpol angeschlossen, sondern zwischen beiden wird ein Kohlrausch'scher Plattenkondensator eingeschaltet. Die Anwesenheit des Kondensators übt keine merkliche Wirkung auf die Erscheinungen aus, giebt aber die Möglichkeit, durch Änderung der Plattendistanz die Intensität des Leuchtens zu ändern. Auf die äussere Röhrenwandung klebe ich parallel dem axialen Draht einen schmalen Stanniolstreifen. Bevor der Streifen geerdet ist, übt er keine merkliche Wirkung auf das Leuchten in der Röhre aus. Wenn aber der Streifen zur Erde abge-

leitet ist, so erleiden die Lichterscheinungen Änderungen, verhältnismässig schwache bei kleineren Verdünnungen, aber sehr wesentliche, wenn der Gasdruck in der Röhre bis auf kleine Bruchteile eines Millimeters herabgegangen ist.

§ 1.

Wie es schon in meiner oben citierten Arbeit erwähnt wurde, sind die in der Röhre auftretenden Lichterscheinungen wesentlich verschieden, je nachdem 1. die Induktorpole durch eine Funkenstrecke verbunden sind, oder 2. eine solche Verbindung nicht vorhanden ist.

In letzterem Falle ist das Leuchten in der Röhre bei jeder Verdünnung gleich bei beiden Richtungen des Primärstromes im Induktor; der Charakter des Leuchtens ändert sich bei Änderung der Stromrichtung nicht, es kann nur eine sehr kleine Änderung in der Intensität des Leuchtens wahrgenommen werden. Anders verhält sich das Leuchten im ersten Fall, wenn die Induktorpole durch einen Leiter mit eingeschalteter Funkenstrecke verbunden sind. Bei diesen Bedingungen sind die Lichterscheinungen in der Röhre bei einer Richtung des Primärstromes im Induktor vollständig verschieden von denen, welche bei der anderen Stromrichtung entstehen. Wie es ja auch von vornherein klar ist, rufen die elektrischen Prozesse in dem an den einen Induktorpol angeschlossenen Drahte das Entstehen von elektrischen Schwingungen hervor. Eine gewöhnliche Geisslerröhre zwischen den in die Röhre eingeschlossenen Draht und den Induktorpol geschaltet, zeigt auch nicht die mindeste Polarität an ihren Elektroden, wenn die Induktorpole durch eine Funkenstrecke nicht verbunden sind. Beobachtungen über die Wirkung eines Elektromagnets auf das Leuchten einer cylindrischen Geisslerröhre (Länge 1,5 m, Durchmesser 3,5 cm), wenn eine Elektrode der Röhre an einen Induktorpol angeschlossen ist, weisen bei dieser Anordnung gleichfalls auf das Vorhandensein im Inneren der Röhre von zwei gleichstarken, aber entgegengesetzt gerichteten Elektrizitätsströmungen hin. Ganz anders verhält sich das Leuchten, wenn den Induktorpolen eine Funkenstrecke parallel geschaltet ist. Aus den Erscheinungen an einer gewöhnlichen Geisslerröhre, ebenso wie aus der Einwirkung eines Elektromagnets auf das Leuchten der eben erwähnten grösseren Geisslerröhre ist zu ersehen, dass in diesem Fall in dem an einen Induktorpol angeschlossenen Leiter eine elektrische Wechselströmung entsteht, bei der eine Richtung an Intensität die andere wesentlich überwiegt. Sehr interessant ist es, dass in dem Zweig, welcher dem Induktor parallel ist und die Funkenstrecke enthält, auch ein Wechselstrom entsteht, in dem jedoch die Stromrichtung wesentlich überwiegt, welche der im am Induktor angeschlossenen Leiter (Draht) überwiegenden gerade entgegengesetzt ist. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man eine Geisslerröhre zwischen den Induktor und den mit ihm verbundenen Draht, und die andere in den Funkenzweig einschaltet. Weiter unten nenne ich den Induktorpol positiv, wenn in dem mit ihm verbundenen Leiter bei Vorhandensein des Funkenzweiges die überwiegende Strömung die Richtung vom Induktorpol hat. Ich nenne den Induktorpol negativ, wenn (bei veränderter Richtung des Primärstromes im Induktor) in dem an den Pol angeschlossenen Leiter bei Vorhandensein des Funkenzweiges die überwiegende Stromrichtung zum Pol gerichtet ist.

§ 2.

In dieser Mitteilung will ich einige Beobachtungen über die Wirkung eines Magnetfeldes auf das Leuchten in obigen Röhren beschreiben. Nach Beschreibung der merkwürdigen am Draht regelmässig verteilten Lichtlinsen, welche bei wenigen Millimetern Druck in der Röhre erscheinen, wenn der Draht an den positiven Induktorpol angeschlossen ist, erwähnte ich in meiner vorigen Mitteilung, dass ein Magnet keine Wirkung auf diese Lichtlinsen ausübt. Diese Angabe ist aber nicht vollständig zutreffend. Es ist wohl wahr, dass die Lichtlinsen keine merkbare Änderung erleiden, wenn der Röhre ein starker Stahlmagnet genähert wird; sie unterliegen aber, wie weitere Beobachtungen zeigten, der Einwirkung eines stärkeren Elektromagnetfeldes. Wenn man die Röhre zwischen die Polflächen eines Plückerschen Elektromagnets bringt, so dass die Kraftlinien zur Röhrenachse und zum eingeschmolzenen Draht senkrecht stehen, so neigen sich bei Erregung des Feldes die in demselben befindlichen Lichtlinsen zur Röhrenachse. Der Neigungswinkel wächst mit der Feldstärke. Bei genügender Feldstärke (über 1000 Einh.) kommen die im Felde befindlichen und zum Draht geneigten Lichtlinsen längs des Drahtes in ziemlich langsame Bewegung in der Richtung, in welcher die oberen Linsenränder geneigt sind. Nachdem sich jede Lichtlinse auf eine bestimmte Distanz verschoben hat, verschwindet sie, doch bildet sich an Stelle derselben eine neue Linse, genau an dem Ort, wo die verschwundene Linse vor ihrer Verschiebung gestanden hat. Die neue Linse kommt gleich nach ihrem Entstehen in dieselbe Bewegung, wie die verschwundene. Dieses Spiel dauert so lange, als der Induktor arbeitet und das Magnetfeld erregt ist. Wenn die Kraftlinien des Magnetfeldes zum Beobachter gerichtet sind, so neigen sich die oberen Linsenränder nach links hin. Es ist bemerkenswert, dass bei der Veränderung der Linsen im Magnetfeld gleichzeitig die dünne nebelartige Lichtaureole, von

der die Linsen umhüllt sind, noch schärfer hervortritt und die dunklen Räume zwischen den Linsen noch dunkler werden. Fig. 1 ist eine Autotypie nach einer photographischen Aufnahme der beschriebenen Erscheinung, und zeigt deutlich die Neigung der im Felde des Elektromagnets befindlichen Linsen. Fig. 2 stellt die Erscheinungen dar, die bei denselben Bedingungen wie oben, aber bei geerdeten Stanniolstreifen und ohne Magnetfeld in der Röhre auftreten. Fig. 3 stellt dieselbe Erscheinung dar, jedoch bei erregtem Magnetfeld, dessen Intensität aber zu klein ist, um die Linsen in Bewegung zu setzen. Diese photographischen Aufnahmen wurden bei einer Exposition von circa 3 Minuten erhalten.

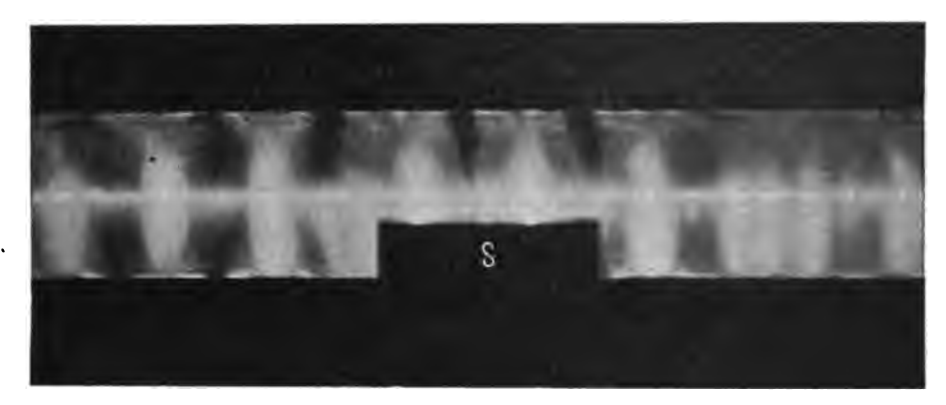


Fig. 1.

Wenn die Röhre den Elektromagnetschenkeln so gegenübergestellt wird, dass ihre Achse der die Mitten der Polflächen verbindenden Linie parallel läuft, dass also der Draht in einer Vertikalfläche zu liegen kommt, die den Kraftlinien des stärksten Feldteils parallel ist, so erleiden bei Erregung des Feldes die in demselben befindlichen Linsen keine Neigung und verbleiben senkrecht zum Draht; aber bei stärkerem Feld (mehr als 1000 Einh.) werden die Linsen von den beiden Elektromagnetenden längs des Drahtes zur Mitte des Feldes hin verschoben; hier liegen also die Linsen gedrängter als in beiden anderen Theilen der Röhre. Bei Unterbrechung des Feldes kehren die durch das Feld zusammengedrängten Linsen an ihre alten Stellen zurück.

Wie ich es schon in meiner obenerwähnten Arbeit mitgeteilt habe, erscheint bei Verbindung des Drahtes mit dem negativen Induktorpol, und bei einem Gasdruck von einigen (3—4) Millimetern der Draht von einer violettgefärbten cylinderförmigen Aureole unmittelbar umgeben; um diese violettgefärbte cylinderförmige Aureole herum liegt eine weniger helle nebelige Lichthülle, welche ihrerseits von einem etwas intensiveren Leuchten umgeben ist. Die Erregung eines Magnetfeldes, dessen Linien senkrecht zur Röhrenachse, also auch zum Drahte stehen, bewirkt ein Engerwerden der violettgefärbten den Draht umgebenden Aureole, zugleich auch eine Verminderung der Dicke der dunkleren nebeligen Lichthülle, welche die Aureole umschliesst. Gleichzeitig erscheint auf den, den Schenkeln des Elektromagnets nächstgelegenen Teilen der Glaswandung ein gelblich-grünes Leuchten (Phos-

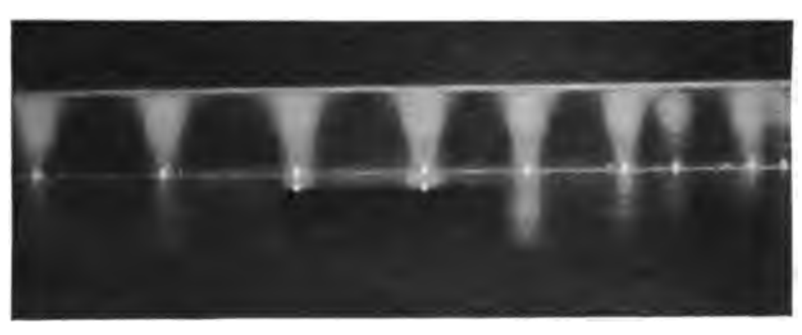


Fig. 2.

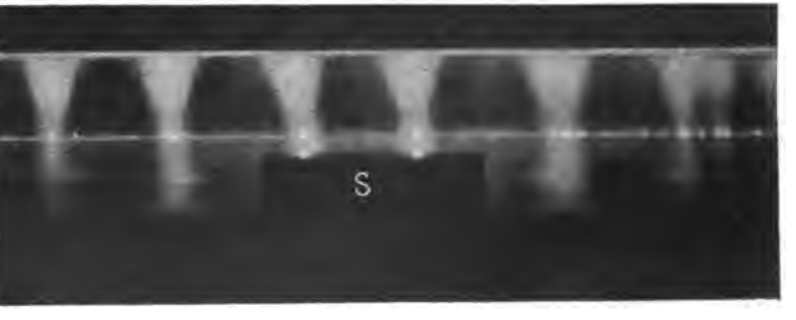


Fig. 3.

phoreszenz), das seiner Form nach vollständig der durch die Einwirkung des Feldes verengten den Draht umgebenden Aureole entspricht. Fig. 4 ist gefertigt nach einer photographischen Aufnahme der beschriebenen Erscheinung, wobei der Stanniolstreifen auf der Röhre geerdet war; auf der Figur ist leider die Phosphoreszenz nicht zu bemerken; eine photographische Aufnahme derselben wollte mir bis jetzt nicht gelingen. Die Wirkung eines zur Röhrenachse senkrechten Magnetfeldes auf die Lichterscheinungen in einer Röhre, deren Draht an den negativen Induktorpol angeschlossen, erscheint vollständig gleich bei beiden entgegengesetzten Richtungen der Kraftlinien. In diesem Falle unterliegt der Wirkung des Feldes hauptsächlich ein Teil des kathodischen den Draht umgebenden Leuchtens, welches bei Erregung des Magnetfeldes, wie es schon Hittorf [1]) beobachtet hat, die Richtung der Kraftlinien annimmt.

streifens mit dem Finger (selbst wenn der Berührende von der Erde isoliert ist), oder mit einem Drahte, welcher zu einem Körper von merklicher Kapazität führt, verengt sich der Phosphoreszenzstreifen am dem Berührungsort gegenüberliegenden Teil. Wenn der Röhre ein Stahlmagnet genähert wird, krümmt sich der Phosphoreszenzstreifen, wobei die so entstandene Krümmung des Streifens vollständig denjenigen Richtungsänderungen entspricht, welche der Ampèreschen Regel gemäss die Kathodenstrahlen erleiden, die vom Stanniolstreifen ausgehend die Phosphoreszenz der Glaswandung hervorrufen. Interessant ist auch die Einwirkung eines hufeisenförmigen Magnets auf das Phosphoreszenzlicht, wenn der Magnet so gestellt ist, dass die Röhre zwischen seinen Polen liegt. Das Phosphoreszenzlicht wird in diesem Falle von einer Seite gewissermassen in das Magnetfeld hineingesogen, von der anderen Seite aus



Fig. 4.

§ 3.

Bei höherem Verdünnungsgrade werden die Lichtlinsen, welche auf einem mit dem positiven Pol verbundenen Drahte erscheinen, dicker, die Zwischenräume zwischen denselben werden grösser; gleichzeitig wächst auch die Neigung der Linsen zum Drahte, wenn in der Röhre ein Magnetfeld erregt wird, dessen Kraftlinien senkrecht zur Röhrenachse stehen. Bei höherem Vakuum, wenn die Gasspannung nur kleine Bruchteile eines Millimeters beträgt, verschwinden die Lichtlinsen, und die ganze Röhre erscheint von einem einförmigen, schwach violett gefärbten nebeligen Leuchten erfüllt. Bei diesen Verhältnissen entsteht bei geerdetem Stanniolstreifen auf der Glaswandung ein demselben gegenüberliegender, die ganze Länge der Röhre einnehmender, heller gelblich-grüner leuchtender Streifen (Phosphoreszenz), dessen Breite desto grösser wird, je kleiner die Gasspannung in der Röhre ist. Auf diesem Phosphoreszenzstreifen zeichnet sich sehr deutlich der Schatten des Drahtes ab. Bei Berührung des Stanniol-

1) Hittorf, Pogg. Ann. **136**, 269, 1869.

demselben auf einige Distanz hinausgestossen. Eine Einwirkung des Stahlmagnets auf das die ganze Röhre erfüllende violette Leuchten konnte nicht bemerkt werden. Ganz andere Erscheinungen erhält man, wenn die in der angegebenen Art leuchtende Röhre der Einwirkung eines Elektromagnets unterworfen wird, dessen Feld einige Hunderte von Einheiten beträgt (siehe unten).

Wie es schon in meiner oben citierten Mitteilung erwähnt wurde, erscheinen auf der Glaswandung einer hoch evakuierten Röhre bei Verbindung des Drahtes mit dem negativen Induktorpol ziemlich gleichmässig verteilte zum Drahte senkrechte gelblich-grüne Phosphoreszenzringe, deren Breite circa 1 cm ist. Diese Ringe verharren nicht in Ruhe, sondern schwingen längst der Röhre hin und her. Wenn man unter die Röhre parallel ihrer Achse auf einiger Distanz einen isolierten oder geerdeten Draht bringt, so vermehrt sich die Zahl der Ringe, wobei die Ringe enger werden und vollständig zur Ruhe kommen. Nähert man der Röhre einen Stahlmagnet, so bewirkt derselbe ein Neigen der Ringe zur Röhrenachse. Diese Neigung ent-

spricht wieder vollkommen jenen Richtungsänderungen, welche nach der Ampèreschen Regel die von dem Draht ausgehenden Kathodenstrahlen unter Einwirkung eines Magnets erfahren müssen. Wenn der Stanniolstreifen geerdet wird, verschwinden die Ringe, doch leuchtet dann die ganze Wandung der Röhre in Phosphoreszenzlicht auf; dieses Phosphoreszenzlicht besitzt ein moiréartiges Muster, welches jedenfalls Unregelmässigkeiten der Drahtoberfläche zuzuschreiben ist. Ein Stahlmagnet bewirkt Änderungen im Phosphoreszenzmuster — er krümmt die Zeichnung. Ein starkes von einem Elektromagnet hervorgerufenes Feld übt vollständig anderartige Wirkungen aus. Es bewirkt (ebenso wie bei Verbindung des Drahtes mit dem positiven Induktorpol) Änderungen nicht nur im Phosphoreszenzlicht, sondern auch im Leuchten des Gases in der Röhre. Einen ebenso wesentlichen (wenn auch anderartigen) Einfluss auf das Gasleuchten in der Röhre hat ein starkes Magnetfeld auch in dem Falle, wenn der Draht mit einem Induktorpol verbunden ist, aber die Verbindung der Pole mittels Funkenzweiges aufgehoben ist. In diesem Falle ist die Einwirkung des Feldes auf das Gasleuchten (wie es auch von vornherein erwartet werden konnte) vollständig gleich bei beiden entgegengesetzten Richtungen des Primärstromes im Induktor. Ich enthalte mich der Beschreibung der äusserst schönen Erscheinungen, welche in der Röhre beobachtet werden, wenn die Röhrenachse senkrecht zu den Kraftlinien des Elektromagnetfeldes steht, und werde mich mit der Darlegung nur jener Erscheinungen in der Röhre begnügen, welche entstehen, wenn die Röhrenachse parallel der Feldachse gerichtet ist. In diesem Falle nimmt ein Teil des Leuchtens die Richtung der Kraftlinien an, und bei Erfüllung gewisser Bedingungen stellt das Leuchten unmittelbar den Verlauf der Kraftlinien dar, wobei Anfang und Ende der einzelnen Kraftröhren nicht an den Elektroden liegen, wie es von Hittorf und später von Pellat beobachtet

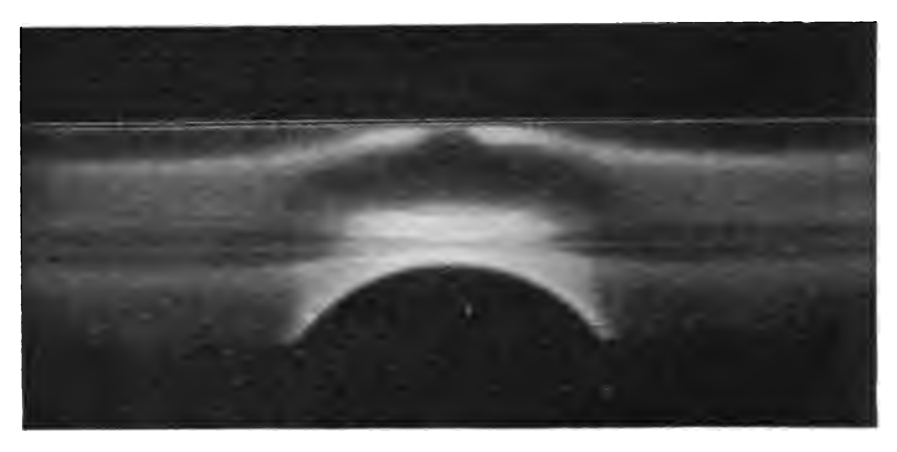


Fig. 5.



Fig. 6.

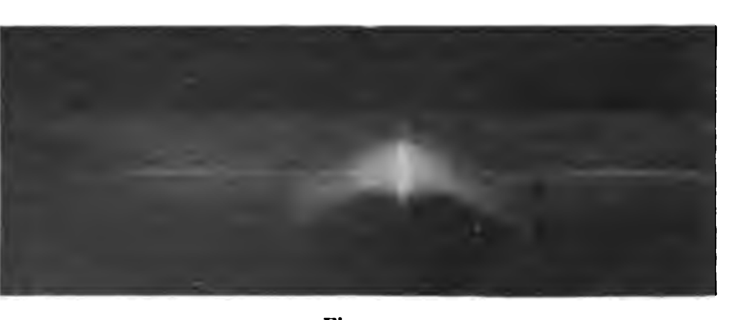


Fig. 7.

wurde, sondern unmittelbar auf der Glaswandung über den Polflächen des Elektromagnets.

§ 4.

a) Dem Induktor ist keine Funkenstrecke parallel geschaltet. Der Stanniolstreifen ist geerdet.

Bei Verbindung des Drahtes mit einem Induktorpol entsteht in der Röhre bei beiden Richtungen des Primärstroms im Induktor ein nebelartiges schwach violettes Leuchten, welches den auch leuchtend erscheinenden Draht umgiebt, doch von dem letzteren durch einen cylinderförmigen dunkeln Zwischenraum abgeteilt ist. Eine Phosphoreszenz der Glaswandung konnte nicht bemerkt werden. Bei Erregung eines starken Magnetfeldes mittels eines unter der Röhre befindlichen Elektromagnets (wie es in § 3 beschrieben ist) erhält das Leuchten in der Röhre an dem Ort, wo das Feld erregt wurde, die Form der Fig. 5. Diese Figur ist eine Autotypie nach einer photographischen Aufnahme (Exposition 5 Minuten) der Erscheinung. Der deutlich auf Fig. 5 sichtbare Bogen verbindet die gegenüberliegenden Ränder der Polflächen des Elektromagnets.

b) Die Induktorpole sind durch eine Funkenstrecke verbunden. Der Stanniolstreifen ist nicht geerdet.

1. Der Draht in der Röhre ist mit dem positiven Induktorpol verbunden.

Bei Erregung des Magnetfeldes eines unter der Röhre gestellten Elektromagnets erhält das Leuchten in der Röhre die Form der Fig. 6, die eine Autotypie nach einer photographischen Aufnahme der Erscheinung ist.

2. Der Draht in der Röhre ist mit dem negativen Induktorpol verbunden.

Bei Erregung des Feldes erhält das Leuchten in der Röhre die Form der Fig. 7 (nach einer Photographie). In dieser Erscheinung bietet ein besonderes Interesse die leuchtende violettfarbige Scheibe, deren Centrum auf dem Drahte genau in der Feldmitte liegt und die ein wenig zum Drahte geneigt ist. Wenn man die Richtung der Kraftlinien ändert, neigt sich die Scheibe zur anderen Seite. Die photographische Aufnahme giebt leider nicht die bei dieser Anordnung auftretende Phosphoreszenz eines Teiles der Glaswandung wieder. Auf der unteren Röhrenwandung unmittelbar über den Enden der Elektromagnetschenkel und auf der oberen Röhrenwandung über dem ganzen Felde bilden sich nämlich gelblich-grüne Streifen, die parallel dem Drahte verlaufen. Wenn die Kraftlinien von links nach rechts verlaufen, entsteht ausserdem auf der vorderen, also dem Beobachter zugewandten Röhrenwandung ein gelblich-grüner Fleck genau gegenüber der oben erwähnten Scheibe. Die Mitte dieses Fleckes phosphoresziert viel heller in Form eines Kreisbogenteils. Vom Fleck ausgehend ziehen sich nach beiden Magnetschenkeln bogenartige gelblich-grüne Zweige. Bei Änderung der Stromrichtung im Elektromagnet geht die beschriebene Phosphoreszenzerscheinung auf die hintere Röhrenwandung über. Die oben geschilderten schwankenden Phosphoreszenzringe auf der Röhrenwandung erscheinen bei den angegebenen Bedingungen nur in den Teilen der Röhre, welche ausser dem Bereiche des Magnetfeldes liegen.

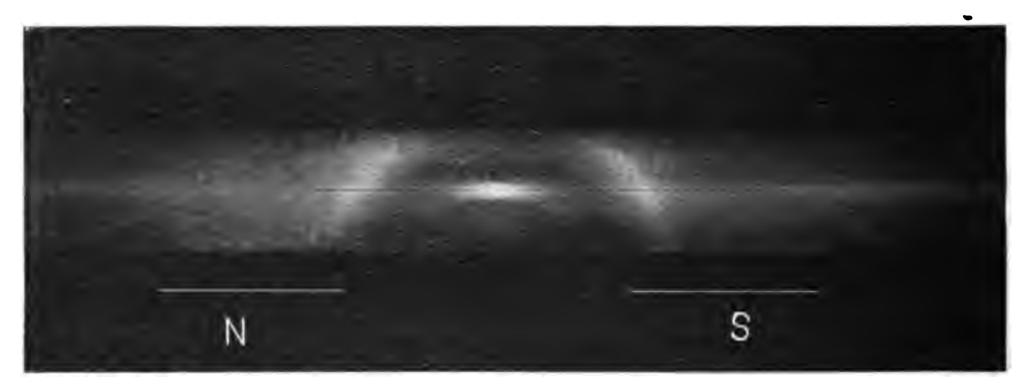


Fig. 8.

c) Dem Induktor ist eine Funkenstrecke parallel geschaltet. Der Stanniolstreifen ist geerdet.

1. Der Draht in der Röhre ist mit dem positiven Induktorpol verbunden.

Bei Erregung eines von links nach rechts gerichteten Magnetfeldes erhält das Leuchten in der Röhre das Aussehen der Fig. 8. Die Originalphotographie giebt die Phosphoreszenzerscheinungen nicht wieder; darum wurden die phosphoreszierenden Teile der Glaswandung auf der Photographie mit Farbe gedeckt, und von dem so erhaltenen Original wurde die Autotypie gefertigt.

2. Der Draht in der Röhre ist mit dem negativen Induktorpol verbunden.

Bei Erregung eines von links nach rechts

gerichteten Magnetfeldes erhält das Leuchten in der Röhre das Aussehen der Fig. 9. An den Orten, wo das Feld erregt worden ist, verschwindet das Phosphoreszenzmuster der Glaswandung; es bleibt nur ein Phosphoreszenzfleck gegenüber der im Feldcentrum erscheinenden Scheibe und ausserdem Phosphoreszenzstreifen auf der unteren Glaswandung — über den Magnetschenkeln, auf der oberen — über dem ganzen Felde. Wenn der Fleck auf der vorderen Röhrenwandung erscheint, so bildet sich auf der hinteren eine scharfe elliptische Grenze zwischen dem phosphoreszierenden und nichtphosphoreszierenden Teile der Wandung. Bei geänderter Richtung des Magnetfeldes geht der mittlere Phosphoreszenzfleck auf die hintere Röhrenwandung über, und die oben erwähnte scharfe Phosphoreszenzgrenze erscheint auf der vorderen Wandung.



Fig. 9.

annehmen. Leider wollte es mir nicht gelingen, eine Photographie dieser Erscheinung zu erhalten. Auf Fig. 10 sind nur Spuren dieser fächerartig sich ausbreitenden Strahlen sichtbar. Diese ausserordentlich schöne Lichterscheinung giebt eine vollkommene Abbildung des Verlaufs der Magnetkraftlinien im Felde. Um diese Erscheinung zu erhalten, muss der Unterbrecher (nach Deprez) des Funkeninduktors besonders einreguliert werden — er muss einen schnarrenden Ton geben.



Fig. 10.

d) Dem Induktor ist eine sehr kurze Funkenstrecke parallel geschaltet. Der Stanniolstreifen ist geerdet. Die Platten des zwischen dem Drahte und dem Induktorpol eingeschalteten Kondensators sind bis zur Berührung genähert. Der Draht ist mit dem negativen Induktorpol verbunden.

Bei Erregung des Feldes erhält das Leuchten das Aussehen der Fig. 10. Ausserdem entsteht in der Röhre eine merkwürdige hell rosafarbige Lichterscheinung aus ununterbrochen aufleuchtenden Strahlen bestehend, welche aus den über den Magnetschenkeln liegenden Teilen der Glaswandung ausgesandt zu werden scheinen und die Form der Kraftlinien des Feldes



Fig. 11.

Zum Schluss bringe ich die Kopie (Fig. 11) einer längs der Röhrenachse aufgenommenen Photographie, wobei die Röhre über einem Elektromagnet senkrecht zur Mittellinie seines Feldes gelagert wurde. Dem Induktor war dabei keine Funkenstrecke parallel geschaltet, der Stanniolstreifen war aber geerdet. Die angewandte Röhre war cylindrisch und an beiden Enden mit mittels Siegellack angekitteten Spiegelglasplatten verdeckt. Der Draht war längs der Röhrenachse zwischen zwei in die Röhrenwandung eingeschmolzenen Glasröhrchen gezogen; die Enden des in diese Röhren eingeschmolzenen Drahtes ragten aus den Rohrenden heraus. Fig. 11 zeigt deutlich das Leuchten, welches aus dem Draht ausgesandt wird und längs der Kraftlinien des Feldes zu den Magnetschenkeln strömt.

Physik. Institut der Universität St. Petersburg.

(Eingegangen 22. Mai 1902.)

Über Fluoreszenzerregung der Kanalstrahlen an Metalloxyden.

Von W. Wien.

Die Fluoreszenzerregung der Kanalstrahlen hängt, wie ich nachgewiesen habe[1]), beim Auftreffen auf gewöhnliches Röhrenglas von dem Gase ab, das die Entladung vermittelt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Kanalstrahlen sehr verschieden elektrostatisch und magnetisch ablenkbar sind, und dass die ablenkbaren unter Umständen andere Fluoreszenzwirkung haben, als die weniger ablenkbaren.

Bei diesen Beobachtungen fiel es mir auf, dass die Kanalstrahlen auch manchmal auf Aluminium bräunliche Fluoreszenz erregten. Als ich ein Aluminiumscheibchen, das diese Erscheinung zeigte, blank polierte, war die Fluoreszenzwirkung verschwunden. Ich hielt es für wahrscheinlich, dass eine oberflächliche Oxydation die wesentliche Ursache sein könnte. Dies hat zu folgenden Versuchen geführt. Aluminium wurde im Knallgasgebläse verbrannt und das entstandene Oxyd mit Kanalstrahlen bestrahlt. Es zeigte sehr lebhafte Fluoreszenz, merkwürdigerweise an verschiedenen Stellen in verschiedenen Farben. Das meiste braun, andere Teile grün, noch andere blau, ohne dass man eine Verschiedenheit hätte auf andere Weise wahrnehmen können. Durch Verbrennen von Magnesium entstandenes Magnesiumoxyd zeigte ausserordentlich lebhafte rote Fluoreszenz, die überall gleich war, in derselben Weise erzeugtes Kadmiumoxyd weit geringere grünliche Fluoreszenz. Ganz besonders intensiv und die an Röhrenglas durch Kathodenstrahlen hervorgerufene Lichtwirkung noch übertreffend, fluoreszierte in grüner Farbe Zinkoxyd, das ich der Freundlichkeit des Herrn Prof. Tafel verdanke, der es durch Verbrennen von ganz reinem Zink erhielt. Kupferoxyd und Eisenoxyd zeigten keine Fluoreszenz. Eine Verschiedenheit der Fluoreszenz bei Anwendung von Wasserstoff oder Sauerstofffüllung, die bei der am Glase erregten Fluoreszenz sehr auffallend ist, habe ich nicht bemerkt.

Durch Kathodenstrahlen ergaben sich bei einigen Oxyden ähnliche Wirkungen. Doch wurde bei den Beobachtungen mit Kanalstrahlen dafür gesorgt, dass keine Kathodenstrahlen sich unter die Kanalstrahlen mischten. Zinkoxyd fluoreszierte durch Kathodenstrahlen ebenfalls grün, dagegen Aluminiumoxyd lebhaft blau.

An allen Oxyden, bei denen die Fluoreszenzwirkung auftrat, zeigte sich die gemeinschaftliche Erscheinung, dass die Leuchterscheinung sehr schnell nachliess, wobei eine Entwicklung von Sauerstoff eintrat, die das Vakuum schnell verschlechterte. Wurde dann das Vakuum auf den früheren Grad gebracht, so war die Fluoreszenz nicht mehr so kräftig wie anfangs. Wurden aber durch elektrostatische Ablenkung die Kanalstrahlen auf bisher nicht bestrahlte Teile gebracht oder durch Schütteln frisches Oxyd an die Oberfläche befördert, so leuchtete der getroffene Teil wieder hell auf, um bei erneuter Sauerstoffentwicklung wieder schnell nachzulassen.

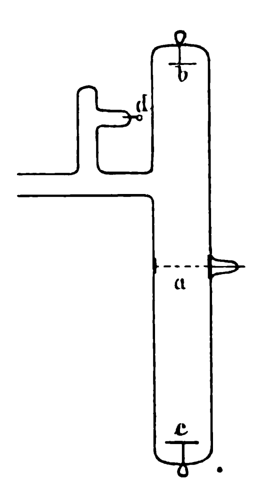
Eine bleibende Veränderung erfuhr nur das Zinkoxyd, das gelblich wurde und diese Farbe beibehielt, auch als es tagelang an freier Luft lag.

Als die Oxyde derselben Metalle, als chemisch rein von Kahlbaum in Berlin bezogen und wahrscheinlich auf nassem Wege dargestellt, in die Röhre gebracht wurden, zeigte sich keine Spur von Fluoreszenz. Es ist daher wahrscheinlich, dass nicht die gewöhnlichen Oxyde als solche unter dem Einfluss von Kanalstrahlen fluoreszieren, sondern möglicherweise höhere Oxyde, die sich bei der Verbrennung bilden und unter der Bestrahlung bei Abgabe von Sauerstoff in niedere Oxyde verwandeln.

Genauere Aufklärung kann nur durch eine eingehende chemische Untersuchung gebracht werden.

Die bräunliche Fluoreszenz des Aluminiumoxyds zeigen auch oxydierte Kathoden, wo sie von den auf sie zugehenden Kanalstrahlen getroffen worden. In eine Röhre (Fig.) mit durchlöcherter Aluminiumelektrode *a* und seitlich angebrachter Elektrode *d* waren gegenüber der Elektrode *a* zwei Aluminiumscheiben *b*, *c* eingeschmolzen, von denen *c* in der Knallgasflamme kräftig oxydiert war. Wurde nun *a*

1) Ann. d. Phys. **8**, 244, 1902.



zur Erde abgeleitet und mit der Kathode eines Induktionsapparats verbunden, während *d* Anode war, so erregten die nach *c* hin austretenden Kanalstrahlen auf der Oxydschicht braune, an einzelnen Stellen blaue Fluoreszenz. War dagegen *b* Kathode, so erregten die auf *c* fallenden Kathodenstrahlen dort blaue Fluoreszenz, die durch Annäherung eines Magneten aufgehoben wurde, während die von den Kanalstrahlen hervorgerufene dadurch nicht beeinflussbar war. War *c* Kathode, so trat die braune Fluoreszenz nur in der Mitte der Scheibe auf, an der Stelle, wo die Kathodenstrahlen scheinbar ihren Ausgangspunkt haben, was an der Fluoreszenz des Gases leicht zu beobachten ist. Allmählich fluoreszierte auch die Elektrode *b*, wenn sie Kathode war, in der Mitte bräunlich, offenbar, weil auch sie sich mit einer Oxydschicht überzogen hatte. Dagegen fluoreszierten weder *b* noch *c* in brauner Farbe, wenn sie von Kathodenstrahlen getroffen wurden, sondern *b* überhaupt nicht und *c* nur in blauer Farbe.

Würzburg, physikalisches Institut, Mai 1902.

(Eingegangen 3. Juni 1902.)

Über den Zeemaneffekt der Serienlinien.

Von C. Runge.[1])

Gemeinsam mit Prof. Paschen habe ich eine Untersuchung darüber unternommen, wie die Zerlegungen der Spektrallinien im magnetischen Felde mit ihrer Verteilung in Serien zusammenhängen. Schon Thomas Preston hat diesen Zusammenhang ausgesprochen; aber es ist nicht bekannt geworden, mit welcher Genauigkeit und in welchem Umfang er die Sache untersucht hat.

1) Vortrag gehalten in der physikalischen Gesellschaft der Universität Göttingen.

Das erste, was einem bei der magnetischen Zerlegung der Serienlinien auffällt, ist, dass sie im allgemeinen nicht den einfachen Typus des normalen Triplets zeigen, sondern dass sie eine grössere Zahl von Komponenten besitzen. Damit soll aber keineswegs gesagt sein, dass alle Linien, die nicht zu den Serien gehören, in normale Triplets zerlegt werden. Die zu derselben Serie gehörenden Linien werden im magnetischen Felde in derselben Weise zerlegt und zwar so, dass sie in der Skala der Schwingungsdifferenzen gezeichnet dasselbe Bild geben. Es sind gleichviel Komponenten und sie liegen in den gleichen Abständen voneinander. Dies Gesetz ist von Paschen und mir zunächst für das Quecksilberspektrum mit Genauigkeit konstatiert worden. Wir haben es im Spektrum des Quecksilbers mit zwei Tripletserien, im ganzen also mit sechs Serien zu thun, drei, welche die erste, und drei, welche die zweite Tripletserie bilden. Die erste Tripletserie besteht aus sogenannten zusammengesetzten Triplets, deren Hauptlinien noch von Satelliten begleitet sind. Die sechs Serien zeigen sechs verschiedene Typen und dazu kommen noch die Typen der Satelliten, die ebenfalls von den anderen verschieden sind. Jede Serie aber hat nur einen Typus. Wir konnten bei jeder Serie mindestens zwei, bei mehreren drei Linien erkennen und die Gleichheit ihrer Zerlegung bestätigen.

Das zweite Gesetz besteht darin, dass einander entsprechende Serien verschiedener Elemente denselben Typus zeigen und zwar wieder so, dass die Komponenten in der Skala der Schwingungszahlen gezeichnet, bei der gleichen Feldstärke dasselbe Bild geben, sowohl was die Zahl der Komponenten, wie was ihre Abstände betrifft. Wir haben dies Gesetz zunächst an der zweiten Tripletserie bei *Mg*, *Sr*, *Zn*, *Cd*, *Hg* geprüft und durchaus bestätigt gefunden.

Auch die Dubletserien haben wir versucht, zu untersuchen; mussten uns aber auf *Cu*, *Ag*, *Al*, *Tl* beschränken. Von den Alkalien konnten wir nur Natrium und hier auch nur die beiden *D*-Linien erhalten. Die anderen Linien waren zu unscharf, um ihre Zerlegung deutlich zu erkennen. Es zeigte sich auch bei den Dubletserien, dass die Linien derselben Serie im magnetischen Felde in der gleichen Weise zerlegt werden und dass die Typen entsprechender Serien die gleichen sind, obwohl wir es hier keineswegs mit chemisch nahe verwandten Elementen zu thun haben. So fanden wir, dass die beiden Dublets der Hauptserie, die bei Kupfer und Silber beobachtet worden sind, genau dieselben Zerlegungen zeigen, wie die beiden *D*-Linien. Genau dieselben Zerlegungen zeigen auch die Linien der zweiten Nebenserie, aber in umgekehrter Reihenfolge, so dass hier die

kleinere Wellenlänge des Linienpaares den Typus von D_1, die grössere den Typus von D_2 zeigt. Diese Umkehrung der Reihenfolge ist in Übereinstimmung mit dem von Rydberg entdeckten Zusammenhange der Hauptserie und der zweiten Nebenserie. Danach entsprechen sich die Paare in umgekehrter Reihenfolge. Bisher konnte man die Richtigkeit dieser Zuordnung aber nur durch die Intensität der Linien bestätigt finden. In der magnetischen Zerlegung haben wir eine weit überzeugendere Bestätigung von der Richtigkeit der Rydbergschen Entdeckung. Denn die Typen der beiden D-Linien sind vollständig voneinander verschieden.

Die erste Nebenserie weicht im Typus von der Hauptserie und der zweiten Nebenserie ab; aber für die verschiedenen Elemente *Cu, Ag, Al, Tl* ist wieder die Zerlegung der ersten Nebenserie die gleiche.

Die Typen dieser drei Dubletserien werden nun auch noch bei einer Anzahl von Paaren im Spektrum von *Mg, Ca, Sr, Ba* beobachtet, von denen man bisher nicht nachweisen konnte, dass sie Serienlinien sind. Nach dieser Beobachtung sind also z. B. die beiden *Ca*-Linien *H* und *K* genau den beiden *D*-Linien entsprechend. Dieselben beiden Typen, nur in umgekehrter Folge, zeigen die beiden *Ca*-Linien 3737,1 und 3706,2. Sie sind daher als ein Glied der zweiten Nebenserie aufzufassen. Den Typus der ersten Nebenserie endlich zeigt das Paar 3179,4 und 3159,0 mit dem Satelliten bei 3181,4. Man hatte bisher wohl bemerkt, dass diese drei Paare Schwingungszahlen von gleicher Differenz besitzen, und man vermutete daher wohl, dass sie Serien angehörten; aber man konnte nicht angeben, welcher Art diese Serien seien.

Die bei der Hauptserie der Dublets und der zweiten Nebenserie der Dublets und Triplets beobachteten Typen zeigen einen merkwürdigen Zusammenhang untereinander. Die drei Typen der Tripletserie sind die folgenden:

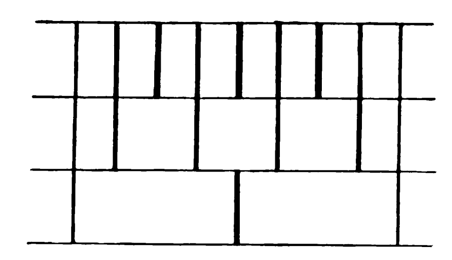


Fig. 1.

Die Abstände der Komponenten von der Mitte sind in der Skala der Schwingungszahlen Vielfache derselben Grösse. Wenn man die Mitte der Linie als Nullpunkt rechnet, so haben die Komponenten des ersten Typus die Abscissen —4, —3, —2, —1, 0, +1, +2, +3, +4, vorausgesetzt, dass man den Abstand zweier benachbarten Komponenten als Längeneinheit nimmt. Für die zweite Linie des Triplets haben dann die Komponenten die Abscissen —4, —3, —1, +1, +3, +4 und für die dritte Linie: —4, 0, +4. Es besteht also eine Art Gesetz der multiplen Proportionen. Eine einzige Konstante drückt die Zerlegung der drei Linien aus.

Dasselbe gilt von den Typen der beiden Dubletserien. Sie geben das folgende Bild:

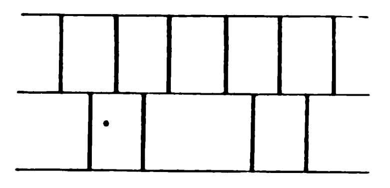


Fig. 2.

Der Typus von NaD_2 besteht aus sechs äquidistanten Komponenten. Macht man die Hälfte des Abstandes benachbarter Komponenten zur Einheit, so sind die Abscissen von der Mitte aus gerechnet: —5, —3, —1, +1, +3, +5. Für den Typus NaD_1 haben die Komponenten die Abscissen —4, —2, +2, +4. Wieder sind die sämtlichen Abstände durch eine einzige Konstante ausgedrückt.

Bezeichnet u die Konstante, deren Vielfache die Abstände der Komponenten der Tripletserien ausdrückt und v die Konstante, deren Vielfache die Abstände der Komponenten der Dubletserien ausdrückt, so zeigt sich, dass

$$3v = 2u.$$

Diese Beziehung ist mit beträchtlicher Genauigkeit nachgewiesen. So finden wir z. B. bei einer gleichzeitigen Aufnahme von *Zn* und *Al*

u = 0,7276 (mittlerer Fehler 0,0015),

v = 0,4809 (mittlerer Fehler 0,0028).

Als Schwingungszahl ist dabei die Zahl der Schwingungen gerechnet, die das Licht ausführt, während es einen Weg von einem Centimeter zurücklegt.

(Eingegangen 6. Juni 1902.)

Über die Grenzen der graphischen Behandlung der Wechselstromprobleme.

Von J. Teichmüller.

Die bei der Darstellung von Wechselstromgrössen benutzten Vektoren sind rotierende Vektoren von der Eigenschaft, dass ihre Längen die Amplituden, ihre Projektionen auf eine feststehende Grade die Momentanwerte der be-

treffenden Grösse darstellen; sie rotieren mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um einen Endpunkt. Solche Vektoren stellen die Grössen sinusförmiger Wechselströme dar. Häufig stellt man sich unter ihnen nicht die Amplituden, sondern die sogenannten effektiven Mittelwerte vor; dann hat man es natürlich streng genommen nicht mehr mit rotierenden Vektoren zu thun. Die Darstellung der Effektivwerte durch Vektoren ist aber doch gerechtfertigt, nicht nur, weil man durch Multiplikation mit einer Konstanten oder durch Veränderung des Massstabes ohne weiteres auf die rotierenden Vektoren der Amplituden übergehen kann, sondern besonders deshalb, weil die Effektivwerte (was sich leicht nachweisen lässt) sich nach dem Gesetze der Vektoraddition zusammensetzen.

Anders verhält es sich mit einem anderen Schritte, den man zu thun pflegt, nämlich mit der Darstellung von Wechselströmen beliebiger Kurvenform durch Vektoren. — Unter Vektoren beliebiger Kurvenform sind natürlich nur Effektivwerte zu verstehen. Ob die für Sinusform abgeleiteten Gesetze der Vektorenbehandlung auch für beliebige Kurvenformen gültig sind, muss zunächst für die an einer Impedanz auftretenden Grössen nachgewiesen werden; d. h. es ist zu untersuchen, ob die Zusammenstellung der Wechselstromgrössen zu Dreiecken (wie wir sie bei sinusförmigem Wechselstrom kennen) auch für beliebigen Wechselstrom richtig ist. Danach ist zu untersuchen, ob das Gesetz von der Addition der Vektoren auch für mehrere Impedanzen in Reihenschaltung oder Parallelschaltung für beliebige Kurvenform gilt, und schliesslich wird die Frage entstehen, ob das Vorhandensein von Eisen besondere Untersuchungen erfordert.

Der Nachweis, dass das Gesetz allgemein nicht gelten kann, ist schon im Jahre 1898 [1]) von G. Roessler erbracht worden. Ich möchte in der folgenden Abhandlung versuchen, durch eine allgemeinere Betrachtung einen Beitrag zur weiteren Klärung der wichtigen Frage zu liefern.

I.

Die Dreiecke der Wechselstromgrössen bei beliebiger Kurvenform für eine Impedanz.

Ist nur eine Impedanz vorhanden, so vereinfacht sich die Aufgabe zu der Frage, ob sich die einzelnen Wechselstromgrössen zu rechtwinkligen Dreiecken zusammensetzen lassen, in denen der Cosinus des einen Winkels den Leistungsfaktor darstellt.

1) Elektrotechn. Zeitschrift 1898, S. 595, vergl. auch Elektrotechn. Zeitschrift 1895, S. 681.

Der Effektivwert der Spannung und des Stromes stellt sich bekanntlich dar als

$$E = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\Sigma^{\nu} E_{\nu}^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

und

$$J = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\Sigma^{\nu} \mathfrak{J}_{\nu}^2}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

während der mittlere Effekt sich ergiebt zu:

$$\mathfrak{E} = \tfrac{1}{2} \Sigma^{\nu} E_{\nu} \mathfrak{J}_{\nu} \cos \varphi_{\nu} . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Hierin bedeuten die E_{ν} und $\mathfrak{J}_{\nu}$ die Amplituden der einzelnen n Wellen der Fourierschen Reihe, φ_{ν} die Phasenverschiebungen zwischen je einer Stromwelle und der zugehörigen Spannungswelle derart, dass

$$tg\, \varphi_{\nu} = \frac{L\nu\omega - \frac{1}{C\nu\omega}}{R} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Der Quotient aus dem mittleren Effekte und der scheinbaren Leistung in Voltampère ist nach Definition der Leistungsfaktor, für den das Symbol $\cos\varphi$ üblich ist, und es frägt sich nur, ob dieser Quotient also

$$\cos\varphi = \frac{\Sigma^{\nu} E_{\nu} \mathfrak{J}_{\nu} \cos\varphi_{\nu}}{\sqrt{\Sigma^{\nu} E_{\nu}^2 \cdot \Sigma^{\nu} \mathfrak{J}_{\nu}^2}} \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

die charakteristischen Eigenschaften eines Cosinus besitzt, nämlich seinem Betrage nach nur zwischen 0 und 1 variieren kann. Wird dies bejaht, so ist bewiesen, dass die Zusammenstellung der Wechselstromgrössen bei einer Impedanz auch bei beliebigen Kurvenformen der Spannung immer möglich ist.

Dieser Beweis lässt sich auf einfache Weise folgendermassen führen: Quadriert man den Leistungsfaktor, so gilt für das Quadrat dieselbe Bedingung, dass es nur zwischen 0 und 1 schwanken darf. Dieses Quadrat lässt sich schreiben

$$\cos^2\varphi = \frac{\Sigma^{\nu} E_{\nu}^2 \mathfrak{J}_{\nu}^2 \cos^2\varphi_{\nu} + 2 \sum_{\lambda > \varkappa} {}^{\varkappa}_{\lambda} E_{\varkappa} E_{\lambda} \mathfrak{J}_{\varkappa} \mathfrak{J}_{\lambda} \cos\varphi_{\varkappa} \cos\varphi_{\lambda}}{\Sigma^{\nu} E^2 \mathfrak{J}_{\nu}^2 + \sum_{\lambda > \varkappa} {}^{\varkappa}_{\lambda} (E_{\varkappa}^2 \mathfrak{J}_{\lambda}^2 + E_{\lambda}^2 \mathfrak{J}_{\varkappa}^2)} \quad . (6)$$

Die zweite Summe im Zähler sowohl als im Nenner ist so zu bilden, dass sowohl $\varkappa$ als λ von 1 bis n zu ändern ist, dass aber stets $\varkappa$ von λ verschieden sein soll. Die untere Grenze von $\cos^2\varphi$ ist nun offenbar gleich Null, und sie wird erreicht, wenn sämtliche φ gleich $\pi/2$ sind, also wenn der Widerstand unendlich klein gegenüber der Reaktanz jeder der einzelnen Wellen wird. Um die obere Grenze festzustellen, beachte man zunächst, dass der grösste Wert der $\cos\varphi_{\nu}$ oder $\cos\varphi_{\varkappa}$ und $\cos\varphi_{\lambda}$ gleich 1 ist. Lassen wir die Cosinus diesen Wert annehmen, so sind die ersten Summanden im Zähler und Nenner gleich, und es bleiben nur noch die zweiten miteinander zu ver-

gleichen. Je einem Gliede des Zählers von der Form $2ab$ lässt sich nun ein Glied des Nenners von der Form $a^2 + b^2$ zuordnen, und es ist bekannt, dass bei Veränderung von a und b stets

$$2ab \leq a^2 + b^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

ist. Gleichheit wird erreicht für $a = b$, also für

$$E_x \cdot \mathfrak{J}_\lambda = E_\lambda \cdot \mathfrak{J}_x \text{ oder } E_x : \mathfrak{J}_x = E_\lambda : \mathfrak{J}_\lambda \,. \quad (8)$$

d. h. wenn die Impedanzen aller einzelnen Wellen einander gleich sind. Das kann aber nur der Fall sein, wenn die Impedanzen nur aus Widerständen, dem Widerstande R des Stromkreises, bestehen. Dann ist aber auch die erste Bedingung erfüllt, nämlich, dass sämtliche $\cos\varphi_x$ (oder $\cos\varphi_x$ und $\cos\varphi_\lambda$) $= 1$ sind. Die Kurve des Stromes fällt dann mit der Kurve der Spannung bei passend gewähltem Massstabe zusammen. Es ist hiermit mathematisch bewiesen, dass

1. der Leistungsfaktor zwischen 0 und 1 variieren kann,
2. dass er den Wert 0 erreicht, wenn der Widerstand verschwindend klein gegenüber den Reaktanzen ist,
3. dass er den maximalen Wert 1 erreicht, wenn die Widerstände induktions- und kapazitätsfrei sind. Der Leistungsfaktor besitzt also nicht nur allgemein die Eigenschaft eines Cosinus, sondern es werden sogar die Grenzen 0 und 1 unter denselben Bedingungen erreicht, wie bei sinusförmigen Strömen.

Es sind nunmehr 3 Grössen (also genügend viele) zur Konstruktion eines rechtwinkligen Dreieckes, des Dreieckes der Effekte, gegeben, nämlich als Hypotenuse der scheinbare Effekt in Voltampère, als eine Kathete der wahre Effekt in Watt, und der eingeschlossene Winkel φ des Leistungsfaktors. Die andere Kathete, die ebenfalls in Voltampère gemessen werden kann, stellt keinen Effekt dar. Durch Division der Längen durch J oder passende Veränderung des Massstabes erhält man das Dreieck der Spannungen und durch nochmalige Division mit J das Dreieck der Widerstände, in dem die eine Kathete im eisenfreien Stromkreise den Ohmschen Widerstand, die Hypotenuse, die als Quotient von E und J definierte Impedanz, die als resultierende Impedanz bezeichnet werden kann, und die andere Kathete schliesslich eine resultierende Reaktanz darstellt. In Analogie hierzu kann φ als die resultierende Phasenverschiebung bezeichnet werden.

II.

Die Addition der Vektoren bei beliebiger Kurvenform für mehrere Impedanzen in Reihenschaltung.

Fasst man die Seiten des oben beschriebenen Spannungsdreieckes gerade so als Vektoren auf, wie die Seiten des entsprechenden Dreieckes der Effektivwerte bei sinusförmigen Spannungen, so entsteht die Frage, ob die graphische Addition zweier effektiver Spannungen E_a und E_b bei beliebigen Kurvenformen, die an den Klemmen zweier hintereinander geschalteter Impedanzen herrschen, sich zur Gesamtspannung E_0 gerade so durch graphische Addition zusammensetzen, wie bei sinusförmigen Spannungen. Ist die Frage für 2 Impedanzen entschieden, so ist sie nach dem Assoziationsgesetz der Addition auch für beliebig viele entschieden. Selbstverständlich muss auch die Subtraktion unter denselben Bedingungen gültig oder ungültig sein wie die Addition.

Die Antwort auf die Frage erhalten wir durch folgende, etwas umständliche Betrachtung:

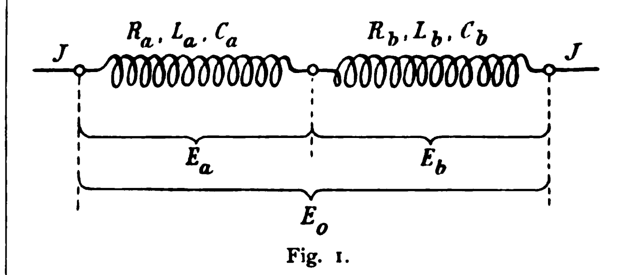


Fig. 1.

Die Werte der einen Impedanz sollen Fig. 1 gemäss mit dem Index a, die der anderen mit dem Index b versehen werden, während die Summenwerte den Index 0 tragen sollen.

Es steht zunächst aus der Definition dieser Grössen fest, dass der mittlere Gesamteffekt gleich der Summe der mittleren Einzeleffekte, nämlich

$$\mathfrak{E}_0 = \mathfrak{E}_a + \mathfrak{E}_b \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

ist. Da aber der Strom in beiden Impedanzen derselbe ist, so gilt nach der Definition der Leistungsfaktoren:

$$E_0 \cos\varphi_0 = E_a \cos\varphi_a + E_b \cos\varphi_b \,. \quad (10)$$

Es steht nach Früherem fest, dass die Leistungsfaktoren thatsächlich als Cosinus von Winkeln aufgefasst werden können. Die Gleichung (10) sagt aus, dass die Summe der Cosinusprojektionen der Einzelspannungen gleich der Cosinusprojektion der Gesamtspannung ist. Zeichnet man also in Fig. 2 die Dreiecke der Spannungen für die einzelnen Impedanzen so, dass die Nutzspannungen in dieselbe Richtung fallen, so muss nach Gleichung (10) der Endpunkt der Gesamtspannung E_0 auf der Senkrechten durch A_0 liegen, wobei $OA_0 = OA_a + OA_b$ ist. Das Gesetz der Vektoraddition gilt, wenn auch die Summe der Sinusprojektionen der Einzelspannungen gleich der Sinusprojektion der Gesamtspannung ist. Es ist also zu untersuchen, ob und unter welchen Bedingungen

$$\text{(I)} \qquad E_0 \sin\varphi_0 = E_a \sin\varphi_a + E_b \sin\varphi_b$$

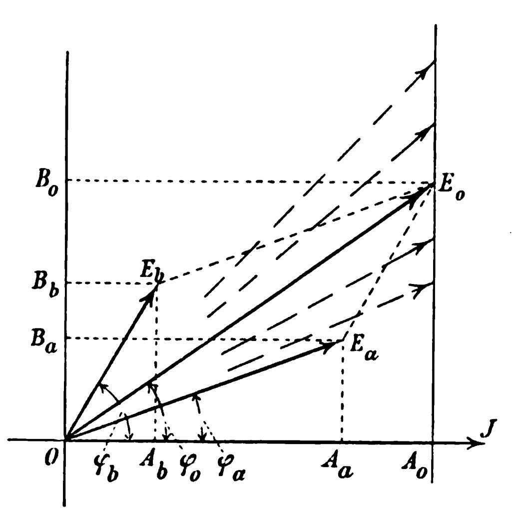


Fig. 2.

ist. Bei der Untersuchung dieser Frage ist streng darauf zu achten, dass die $sin\,\varphi$ nur durch die Grössen ausgedrückt werden dürfen, durch die der Leistungsfaktor gemessen ist. Es ist also in die Bedingungsgleichung (I) einzusetzen:

$$sin\,\varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{\mathfrak{E}}{EJ}\right)^2}.$$

Hierdurch wird Gleichung (I) nach Quadrierung beider Seiten zu:

$$\text{(II)}\ E_0{}^2 J^2 = E_a{}^2 J^2 + E_b{}^2 J^2 + \mathfrak{E}_0{}^2 - \mathfrak{E}_a{}^2 - \mathfrak{E}_b{}^2 + 2\sqrt{(E_a{}^2 J^2 - \mathfrak{E}_a{}^2)(E_b{}^2 J^2 - \mathfrak{E}_b{}^2)}.$$

Die hierin vorkommenden Effektivwerte der Ströme und Spannungen lassen sich durch die Amplituden der Einzelwellen nach Gleichung (1) und (2) ausdrücken. Stellt man die Spannungen E_ν als Funktionen von Strom und Impedanz dar, wobei bei den Wellen der Gesamtspannungen E_0, die von Bedell und Crehore so genannte äquivalente Impedanz der Hintereinanderschaltung einzuführen ist, so erhält man folgende Ausdrücke:

$$\text{(11a)}\ E_a{}^2 = \tfrac{1}{2}\Sigma_\nu\left[\mathfrak{J}_\nu{}^2\left\{R_a{}^2 + \left(L_a\nu\omega - \frac{1}{C_a\nu\omega}\right)^2\right\}\right]$$

$$\text{(11b)}\ E_b{}^2 = \tfrac{1}{2}\Sigma_\nu\left[\mathfrak{J}_\nu{}^2\left\{R_b{}^2 + \left(L_b\nu\omega - \frac{1}{C_b\nu\omega}\right)^2\right\}\right]$$

$$\text{(11c)}\ E_0{}^2 = \tfrac{1}{2}\Sigma_\nu\left[\mathfrak{J}_\nu{}^2\left\{(R_a + R_b)^2 + \left(L_a\nu\omega - \frac{1}{C_a\nu\omega} + L_b\nu\omega - \frac{1}{C_b\nu\omega}\right)^2\right\}\right].$$

Hierzu tritt

$$\text{(12)}\ \ldots\ldots\ J^2 = \tfrac{1}{2}\Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2$$

In den künftigen Rechnungen soll solange als möglich gesetzt werden

$$f_{a\nu} = L_a\nu\omega - \frac{1}{C_a\nu\omega}$$

und

$$f_{b\nu} = L_b\nu\omega - \frac{1}{C_b\nu\omega}.$$

Bildet man die in der Bedingungsgleichung (II) vorkommenden Produkte, so erhält man

$$E_0{}^2 J^2 = J^4\cdot(R_a{}^2 + R_b{}^2 + 2R_aR_b) + \tfrac{1}{2}J^2\cdot\Sigma_\nu\left[\mathfrak{J}_\nu^2(f_{a\nu}^2 + f_{b\nu}^2 + 2f_{a\nu}\cdot f_{b\nu})\right]$$

ferner

$$E_a{}^2J^2 = J^4R_a{}^2 + \tfrac{1}{2}J^2\cdot\Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2 f_{a\nu}{}^2$$

$$E_b{}^2J^2 = J^4R_b{}^2 + \tfrac{1}{2}J^2\cdot\Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2 f_{b\nu}{}^2.$$

Durch Einsetzung dieser Werte in Gleichung (II) ergiebt sich nach einigen Umrechnungen

$$\tfrac{1}{2}J^2\cdot[\Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2(f_{a\nu}+f_{b\nu})^2 - \Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2(f_{a\nu}{}^2) - \Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2(f_{b\nu}{}^2)] = \sqrt{J^4\cdot\Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2 f_{a\nu}{}^2\cdot\Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2 f_{b\nu}{}^2}$$

Durch Ausrechnung der linken Seite und Quadrierung ergiebt sich nunmehr als Bedingungsgleichung

$$\text{(III)}\ .\ [\Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu f_{a\nu} f_{b\nu}]^2 = \Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2 f_{a\nu}{}^2\cdot\Sigma_\nu\mathfrak{J}_\nu{}^2 f_{b\nu}{}^2$$

In dieser Gleichung stehen auf beiden Seiten zunächst Quadrate von der Form

$$\mathfrak{J}_\nu{}^4 f_{a\nu}{}^2 f_{b\nu}{}^2$$

Diese Glieder heben sich also heraus; alle übrigen Glieder lassen sich so zusammenfassen, dass Gleichung (III) übergeht in

$$\text{(IV)}\ .\ \Sigma_{\lambda>\varkappa}^{\varkappa}{}_{\lambda}\,\mathfrak{J}_\varkappa{}^2\mathfrak{J}_\lambda{}^2\cdot(f_{a\varkappa}f_{b\lambda} - f_{a\lambda}f_{b\varkappa})^2 = 0.$$

Diese Summe enthält nur positive Glieder, kann also nur verschwinden, wenn jedes Glied für sich gleich Null wird, also, da $\mathfrak{J}_\varkappa$ und $\mathfrak{J}_\lambda$ beliebige Werte annehmen können, wenn der Klammerausdruck in jedem Gliede für sich verschwindet. Das ist der Fall

1) wenn nur eine Welle vorhanden ist, also der Strom sinusförmig ist, denn dann ist $\varkappa = \lambda = 1$,

2) wenn

$$f_{a\varkappa}\cdot f_{b\lambda} = f_{a\lambda}\cdot f_{b\varkappa},$$

d. h. wenn

$$\text{(V)}\ \left(L_a\varkappa\omega - \frac{1}{C_a\varkappa\omega}\right)\left(L_b\lambda\omega - \frac{1}{C_b\lambda\omega}\right) = \left(L_a\lambda\omega - \frac{1}{C_a\lambda\omega}\right)\left(L_b\varkappa\omega - \frac{1}{C_b\varkappa\omega}\right).$$

Rechnet man diese Gleichung aus, so ergiebt sich

$$L_aC_a(\varkappa^2 - \lambda^2) = L_bC_b(\varkappa^2 - \lambda^2)$$

oder allgemein

$$\text{(VI)}\ \ldots\ldots\ L\cdot C = \text{Konst.}$$

als die gesuchte Bedingung.

In Worten: Das Gesetz der Vektoraddition gilt bei hintereinandergeschalteten Impedanzen für beliebige Kurvenformen allgemein nur dann, wenn die

Eigenschwingungen der Impedanzen einander gleich sind, oder, was dasselbe ist, wenn die Induktanzen sich umgekehrt verhalten wie die Kapazitäten.

Enthalten die Impedanzen ausser Widerstand nur Selbstinduktion, so folgt, da dann $C_a = C_b = \infty$ ist, aus Gleichung (V),

(VIa) . . . $L_a \cdot L_b \varkappa \lambda \omega^2 = L_a L_b \varkappa \lambda \omega^2$.

Enthalten sie jedoch ausser Widerstand nur Kapazität, d. h. ist $L_a = L_b = 0$, so folgt aus Gleichung (V) die Bedingung

(VIb) . . . $C_a C_b \varkappa \lambda \omega^2 = C_a C_b \varkappa \lambda \omega^2$

Die beiden Identitäten Gleichung (VIa) und (VIb) sagen aus: Das Gesetz der Vektoraddition gilt bei hintereinandergeschalteten Impedanzen für beliebige Kurvenformen allgemein, wenn die Impedanzen alle (also der gesamte Stromkreis) ausser Widerstand nur Selbstinduktion oder nur Kapazität enthalten.

Enthält eine Impedanz nur Selbstinduktion, die andere nur Kapazität, ist also

$$L_a = L_a; \quad C_a = \infty,$$
$$L_b = 0; \quad C_b = C_b,$$

so folgt aus Gl. (V)

(VIc) . . . $L_a C_b \varkappa^2 = L_a C_b \lambda^2$.

Diese Gleichung ist bei beliebigen Kurvenformen ausser für $C_b = \infty$ (d.h. ausser wenn nur Selbstinduktion vorhanden ist), nur dann erfüllt, wenn entweder $L_a = 0$ ist, d. h. wenn nur Kapazität vorhanden ist, oder wenn $C_b = 0$, d. h. wenn der Stromkreis unterbrochen ist. Das führt zu dem Satze: Das Gesetz der Vektoraddition gilt bei hintereinandergeschalteten Impedanzen nicht, wenn die Impedanzen ausser Widerstand teilweise Selbstinduktion und teilweise Kapazität besitzen.

Fügen wir als letzten den im Hinblick auf Gleichung (V) und (9) selbstverständlichen Satz hinzu, nämlich: Das Gesetz der Vektoraddition gilt bei hintereinandergeschalteten induktions- und kapazitätsfreien Widerständen für beliebige Kurvenformen allgemein, so sind alle Bedingungen für die Gültigkeit der Vektoraddition für hintereinandergeschaltete Impedanzen mit konstanten L und C, also in eisenfreien Stromkreisen, bei beliebigen Kurvenformen festgelegt.

III.

Die Addition der Vektoren bei beliebiger Kurvenform für mehrere Impedanzen in Parallelschaltung.

Für die Parallelschaltung gilt das Schema der Fig. 3. Die Überlegungen sind zunächst ganz analog den oben angestellten: Aus der Thatsache, dass

$$\mathfrak{E}_0 = \mathfrak{E}_a + \mathfrak{E}_b \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (9)$$

und der Definition des Leistungsfaktors folgt unbedingt, dass

$$J_0 \cdot \cos\varphi_0 = J_a \cos\varphi_a + J_b \cos\varphi_b \; . \; . \quad (10a)$$

Zu untersuchen bleibt nur, ob die Sinusprojek-

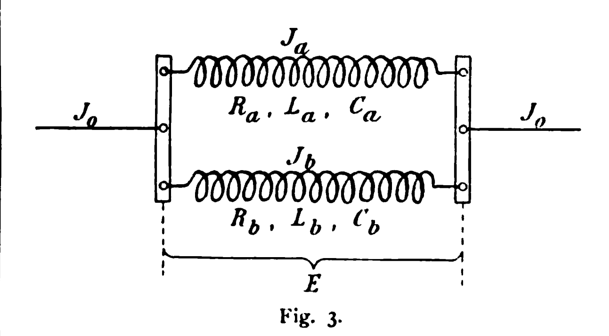


Fig. 3.

tion des Gesamtstromes gleich der Summe der Sinusprojektionen der Einzelströme ist, also ob

(VII) . $J_0 \sin\varphi_0 = J_a \sin\varphi_a + J_b \sin\varphi_b$

Eine der früheren analoge Umformung liefert hieraus die Bedingungsgleichung

$$\text{(VIII)} \quad E^2 J_0^2 = E^2 J_a^2 + E^2 J_b^2 + \mathfrak{E}_0^2 - \mathfrak{E}_a^2 - \mathfrak{E}_b^2 + 2\sqrt{(E^2 J_a^2 - \mathfrak{E}_a^2)(E^2 J_b^2 - \mathfrak{E}_b^2)}.$$

Von hier ab muss die Entwicklung etwas anders als oben werden. Für die Effektivwerte der Ströme ergeben sich folgende Gleichungen

$$J_a^2 = \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu \mathfrak{J}_{a\nu}^2 \cos^2\varphi_{a\nu} + \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu \mathfrak{J}_{a\nu}^2 \sin^2\varphi_{a\nu} \quad (13a)$$
$$J_b^2 = \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu \mathfrak{J}_{b\nu}^2 \cos^2\varphi_{b\nu} + \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu \mathfrak{J}_{b\nu}^2 \sin^2\varphi_{b\nu} \quad (13b)$$
$$J_0^2 = \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu (\mathfrak{J}_{a\nu}\cos\varphi_{a\nu} + \mathfrak{J}_{b\nu}\cos\varphi_{b\nu})^2 + \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu (\mathfrak{J}_{a\nu}\sin\varphi_{a\nu} + \mathfrak{J}_{b\nu}\sin\varphi_{b\nu})^2 \quad (13c)$$

von denen die ersten beiden ohne weiteres klar sind, während die dritte leicht gefunden wird, wenn man die Beziehung für die Momentanwerte

$$i_0 = i_a + i_b = \Sigma^\nu \mathfrak{J}_{a\nu} \sin(\nu\omega t + \varphi_{a\nu}) + \Sigma^\nu \mathfrak{J}_{b\nu} \sin(\nu\omega t + \varphi_{b\nu})$$

trigonometrisch umformt. — Zu diesen Formeln tritt

$$E^2 = \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu E_\nu^2 \begin{cases} = \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu \mathfrak{J}_{a\nu}^2 (R_a^2 + f_{a\nu}^2) \\ = \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu \mathfrak{J}_{b\nu}^2 (R_b^2 + f_{b\nu}^2) \end{cases}$$

oder

$$E^2 = \begin{cases} = J_a^2 R_a^2 + \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu \mathfrak{J}_{a\nu}^2 f_{a\nu}^2 \\ = J_b^2 R_b^2 + \tfrac{1}{2}\Sigma^\nu \mathfrak{J}_{b\nu}^2 f_{b\nu}^2 \end{cases} \quad . \quad (14)$$

Nun kann aus Gleichung (13c) der Ausdruck gewonnen werden:

$$J_0^2 = J_a^2 + J_b^2 + \Sigma^\nu \mathfrak{J}_{a\nu} \mathfrak{J}_{b\nu} (\cos\varphi_{a\nu}\cos\varphi_{b\nu} + \sin\varphi_{a\nu}\sin\varphi_{b\nu}).$$

Es ist dazu nur nötig, die Quadrierung der Binome unter den Summenzeichen auszuführen und in passender Weise von neuem zusammenzufassen. Setzt man in diesem Ausdruck:

$$\cos\varphi_{a\nu} = \frac{R_a}{\sqrt{R_a^2 + f_{a\nu}^2}}; \quad \sin\varphi_{a\nu} = \frac{f_{a\nu}}{\sqrt{R_a^2 + f_{a\nu}^2}}$$

und die entsprechenden Werte für $\cos \varphi_{b\nu}$ und $\sin \varphi_{b\nu}$, und drückt man ausserdem $J_{a\nu}$ und $J_{b\nu}$ durch die zugehörigen Spannungen und Impedanzen aus, so ergiebt sich

$$J_0^2 = J_a^2 + J_b^2 + \Sigma^\nu E_\nu^2 \frac{R_a R_b + f_{a\nu} f_{b\nu}}{(R_a^2 + f_{a\nu}^2)(R_b^2 + f_{b\nu}^2)} \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

Dieser Wert soll später in die Bedingungsgleichung (VIII) eingesetzt werden.

In der rechten Seite dieser Gleichung (VIII) wird $\mathfrak{E}_0{}^2 - \mathfrak{E}_a{}^2 - \mathfrak{E}_b{}^2 = 2\,\mathfrak{E}_a\,\mathfrak{E}_b$ durch Ströme und Widerstände ausgedrückt als

$$2\,\mathfrak{E}_a\,\mathfrak{E}_b = \frac{1}{2}\sum^\nu \frac{E_\nu^2}{(R_a^2 + f_{a\nu}^2)} \cdot \sum^\nu \frac{E_\nu^2}{(R_b^2 + f_{b\nu}^2)} \cdot R_a R_b \,. \quad . \quad . \quad (16)$$

Der Ausdruck unter der Wurzel in (VIII) wird durch die Beziehung Gleichung (14) umgeformt und erscheint dann als

$$2\sqrt{} = \frac{1}{2}\sqrt{\begin{array}{l}\sum^\nu \frac{E_\nu^2}{(R_a^2 + f_{a\nu}^2)} \cdot \sum^\nu \frac{E_\nu^2}{(R_b^2 + f_{b\nu}^2)} \\ \cdot \sum^\nu \frac{E_\nu^2 f_{a\nu}^2}{(R_a^2 + f_{a\nu}^2)} \cdot \sum^\nu \frac{E_\nu^2 f_{b\nu}^2}{(R_b^2 + f_{b\nu}^2)}\end{array}} \quad (17)$$

Nunmehr setzen wir die in den Gleichungen (15), (16) und (17) gewonnenen Ausdrücke in Gleichung (VIII) ein und erhalten als Bedingungsgleichung

$$\text{(IX)} \quad \begin{array}{l} \Sigma^\nu E_\nu^2 \cdot \Sigma^\nu E_\nu^2 \frac{R_a R_b + f_{a\nu} f_{b\nu}}{(R_a^2 + f_{a\nu}^2)(R_b^2 + f_{b\nu}^2)} = \\ \sum^\nu \frac{E_\nu^2}{(R_a^2 + f_{a\nu}^2)} \cdot \sum^\nu \frac{E_\nu^2}{(R_b^2 + f_{b\nu}^2)} \cdot R_a R_b + \\ + \sqrt{\begin{array}{l}\sum^\nu \frac{E_\nu^2}{(R_a^2 + f_{a\nu}^2)} \cdot \sum^\nu \frac{E_\nu^2}{(R_b^2 + f_{b\nu}^2)} \\ \cdot \sum^\nu \frac{E_\nu^2 f_{a\nu}^2}{(R_a^2 + f_{a\nu}^2)} \cdot \sum^\nu \frac{E_\nu^2 f_{b\nu}^2}{(R_b^2 + f_{b\nu}^2)}\end{array}} \end{array}$$

Wir haben nun zu fragen, wann diese Gleichung befriedigt ist und können dabei folgendermassen verfahren:

1. Wir nehmen an, dass die Spannungskurve, also alle E_ν, gegeben seien, dann wird die Gleichung durch ein System von Werten R_a, R_b, $f_{a\nu}$, $f_{b\nu}$ befriedigt, von denen ein Teil reell, ein Teil imaginär ist. Das würde heissen: wirkliche, praktisch mögliche Werte von R_a, R_b, $f_{a\nu}$, $f_{b\nu}$ giebt es nicht. Es kann aber für eine gewisse Kurvenform der Spannung vorkommen, dass auch die imaginären Werte reell werden; dann haben wir einen besonderen Fall, in dem die Gleichung (IX) durch praktisch mögliche Werte der Widerstände, Kapazitäten und Induktanzen erfüllt, also die graphische Addition richtig ist. Einer dieser Fälle ist der, dass $\nu = 1$ ist, d. h. dass die Spannungskurve sinusförmig ist, und es lässt sich leicht erkennen, dass die Gleichung dann durch alle beliebigen Werte von R_a, R_b, f_a und f_b befriedigt wird. — Ob und wann ausserdem ein solcher Fall eintritt, ist nicht leicht zu übersehen; es hat aber auch kein allgemeineres Interesse, diese Frage näher zu untersuchen; denn die Gültigkeit der Vektoraddition würde damit eben nur für eine bestimmte Kurvenform der Spannung bewiesen sein. Uns interessiert vielmehr die Frage, wann die Vektoraddition **allgemein**, für beliebige Spannungskurven, gilt. Die Antwort hierauf finden wir folgendermassen:

2. Lösungen der Gleichung (IX), die für alle Werte von E_ν gelten sollen, müssen bewirken, dass auf der linken und rechten Seite der Gleichung identische Funktionen von E_ν^2 stehen. Das setzt aber voraus, dass die Wurzel auf der rechten Seite verschwindet oder dass sie sich wirklich ausziehen lässt, denn eine rationale Funktion gewisser Grössen kann nicht gleich einer irrationalen Funktion derselben Grössen sein.

Wenden wir uns zuerst zu der zweiten Möglichkeit, so haben wir zu untersuchen, wann der Wurzelausdruck in Gleichung (IX), der die Form

$$\sqrt{\Sigma_1 \cdot \Sigma_2 \cdot \Sigma_3 \cdot \Sigma_4}$$

besitzt, reell wird.

Die Wurzel aus einem Produkte rationaler Funktionen lässt sich nur ziehen, wenn je zwei Faktoren identisch oder nur durch einen Proportionalitätsfaktor verschieden sind. Es muss also eins der Gleichungspaare

$$\Sigma_1 = c \cdot \Sigma_2 \text{ und } \Sigma_3 = c' \cdot \Sigma_4,$$

oder

$$\Sigma_1 = c\,\Sigma_3 \text{ und } \Sigma_2 = c'\,\Sigma_4$$

oder

$$\Sigma_1 = c\,\Sigma_4 \text{ und } \Sigma_2 = c'\,\Sigma_3$$

befriedigt sein. Dazu gehört, dass je zwei Summanden der Summen dieselbe Bedingung erfüllen. Es lässt sich nun leicht nachweisen, dass die beiden letzten Gleichungspaare unmöglich bestehen können; es ist nämlich nicht möglich, dass

$$\frac{1}{R_a^2 + f_{a\nu}^2} = c\,\frac{f_{a\nu}^2}{R_a^2 + f_{a\nu}^2}$$

und

$$\frac{1}{R_b^2 + f_{b\nu}^2} = c'\,\frac{f_{b\nu}^2}{R_b^2 + f_{b\nu}^2};$$

ebensowenig ist es möglich, dass

$$\frac{1}{R_a^2 + f_{a\nu}^2} = c\,\frac{f_{b\nu}^2}{R_b^2 + f_{b\nu}^2}$$

und

$$\frac{1}{R_b^2 + f_{b\nu}^2} = c'\,\frac{f_{a\nu}^2}{R_a^2 + f_{a\nu}^2}.$$

Es bleibt also nun die Möglichkeit übrig, dass

$$\frac{1}{R_a^2 + f_{a\nu}^2} = \frac{c}{R_b^2 + f_{b\nu}^2}$$

und

$$\frac{f_{a\nu}^2}{R_a^2 + f_{a\nu}^2} = c', \quad \frac{f_{b\nu}^2}{R_b^2 + f_{b\nu}^2}$$

Und diese Gleichungen sind nur erfüllt, wenn

$$f_{a\nu} : f_{b\nu} = R_a : R_b = \text{const.},$$

d. h. wenn

$$\text{(Xa)} \quad \left(L_a \nu \omega - \frac{1}{C_a \nu \omega}\right) : \left(L_b \nu \omega - \frac{1}{C_b \nu \omega}\right) = R_a : R^b = \text{const.}$$

oder, was dasselbe ist, wenn

$$\text{(Xb)} \quad \ldots \ldots \quad \varphi_{a\nu} = \varphi_{b\nu}$$

Setzt man diese Bedingung in Gleichung (IX) ein, so wird diese Gleichung thatsächlich für alle Werte der E_ν befriedigt.

Die naheliegende Annahme, dass die Bedingung $\varphi_{a\nu} = \varphi_{b\nu}$ identisch ist mit der Bedingung, dass die gemessenen Leistungsfaktoren der Zweige a und b, also auch die Winkel der resultierenden Phasenverschiebung φ_a und φ_b einander gleich sind, bestätigt sich. Denn setzt man die beiden Leistungsfaktoren nach Gleichung (5) zu einander ins Verhältnis, so erhält man

$$\frac{\cos \varphi^a}{\cos \varphi_b} = \frac{\sum \frac{E_\nu^2 R_a}{R_a^2 + f_{a\nu}^2}}{\sum \frac{E^{\nu 2} R_b}{R_b^2 + f_{b\nu}^2}} \cdot \sqrt{\frac{\sum \frac{E_\nu^2}{R_b^2 + f_{b\nu}^2}}{\sum \frac{E_\nu^2}{R_a^2 + f_{a\nu}^2}}},$$

und hieraus, wenn man mit

$$\frac{R_a \cdot \sqrt{R_b^2}}{R_b \cdot \sqrt{R_a^2}}$$

multipliziert,

$$\frac{\cos \varphi_a}{\cos \varphi_b} = \frac{\Sigma E_\nu^2 \cos^2 \varphi_{a\nu}}{\Sigma E_\nu^2 \cos^2 \varphi_{b\nu}} \sqrt{\frac{\Sigma E_\nu^2 \cos^2 \varphi_{b\nu}}{\Sigma E_\nu^2 \cos^2 \varphi_{a\nu}}} = 1.$$

Wir erhalten also den Satz: Das Gesetz der Vektoraddition gilt bei parallel geschalteten Impedanzen für beliebige Kurvenformen dann allgemein, wenn die Leistungsfaktoren der Impedanzen einander gleich sind.

Enthalten die einzelnen Impedanzen ausser Widerstand nur Selbstinduktion, ist also $C_a = C_b = \infty$, so wird aus Gleichung (Xa)

$$\text{(Xc)} \quad \ldots \ldots \quad L_a : L_b = R_a : R_b.$$

Ist ausser Widerstand nur Kapazität vorhanden, so ergiebt sich

$$\text{(Xd)} \quad \ldots \ldots \quad C_a : C_b = R_b : R_a,$$

und der allgemeine Satz nimmt für diese Sonderfälle die Form an: Das Gesetz der Vektoraddition gilt für beliebige Kurvenformen bei parallel geschalteten Impedanzen, die nur Widerstand und Selbstinduktion oder nur Widerstand und Kapazität enthalten, dann, wenn sich die Induktanzen zu einander wie die Widerstände, oder wenn sich die Kapazitäten umgekehrt wie die Widerstände verhalten.

Schliesslich haben wir noch die Frage zu beantworten, wann die Wurzel in Gleichung (IX) verschwindet. Das tritt ein, wenn entweder alle $f_{a\nu} = 0$ oder alle $f_{b\nu} = 0$ sind, denn diese Grössen erscheinen als Faktoren aller Glieder der einen der vier Summen unter der Wurzel. Die Bedingung lautet also: Es muss sein entweder

$$\left.\begin{array}{l} L_a \nu \omega - \frac{1}{C_a \nu \omega} = 0, \\ \text{oder} \\ L_b \nu \omega - \frac{1}{C_b \nu \omega} = 0. \end{array}\right\} \quad \ldots \text{(XIa)}$$

Eine Bedingung dieser Form kann aber unmöglich für alle ν gleichzeitig erfüllt sein, ausser wenn

$$\left.\begin{array}{l} L_a = 0 \text{ und } C_a = \infty \\ \text{oder} \\ L_b = 0 \text{ und } C_b = \infty \end{array}\right\} \quad \ldots \text{(XIb)}$$

Es darf also nur eine Impedanz mit Selbstinduktion und Kapazität oder mit einem von beiden behaftet sein. Ist das der Fall, so wird Gleichung (IX) thatsächlich für alle Werte von E_ν befriedigt. —

Damit sind alle Möglichkeiten erschöpft. In dem ersten, durch die Bedingungsgleichungen (Xa) bis (Xd) ausgedrückten Falle mussten die Vektoren der effektiven Ströme gegen den gemeinsamen Vektor der effektiven Spannung dieselbe, durften also untereinander überhaupt keine (resultierende) Phasenverschiebung haben. Das bedeutet aber nichts anderes, als dass die graphische Addition nur richtig ist, wenn sie zur algebraischen geworden ist; d. h. die graphische Addition ist eben nicht richtig.

In Verbindung mit dem zuletzt behandelten Falle kann man das Ergebnis in dem Satze formulieren: Die graphische Behandlung der Probleme in Wechselstromkreisen mit parallel geschalteten Impedanzen ist bei beliebigen Kurvenformen nur zulässig, wenn sämtliche Ströme die nicht in Phase mit der Spannung sind, unter sich keine Phasenverschiebung haben.

IV.

Die Dreiecke der Wechselstromgrössen für Eisen enthaltende Impedanzen.

Liegt ein Eisen enthaltender Stromkreis vor, so ist infolge der veränderlichen Permeabilität der Selbstinduktionskoeffizient keine Konstante mehr. Es gilt dann als Spannungsgleichung die Gleichung

$$e = iR + \frac{dLi}{dt} \quad \ldots \ldots \quad (18)$$

Das letzte Glied stellt die Spannung dar, die den Strom i bei unendlich guter Leitfähigkeit des Leitungsmetalles durch den Stromkreis treiben würde. Wir bezeichnen sie mit

$$e_f = \frac{dLi}{dt} \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

Quadriert man die beiden Seiten der Gleichung (18) und bildet in bekannter Weise die effektiven Mittelwerte, so erhält man

$$E^2 = J^2R^2 + E_f^2 + 2R \cdot \mathfrak{E}, \quad \ldots \quad (20)$$

wobei die grossen Buchstaben die effektiven Mittelwerte und $\mathfrak{E}$ den in Eisen verzehrten mittleren Effekt bedeuten. Diese Gleichung lässt sich geometrisch darstellen durch Fig. 4, wenn

$$\mathfrak{E} = E_f J \cdot \cos\alpha \quad \ldots\ldots \quad (21)$$

gesetzt wird. Es ist nachzuweisen, dass dieser Ausdruck immer richtig ist. Der Nachweis ist

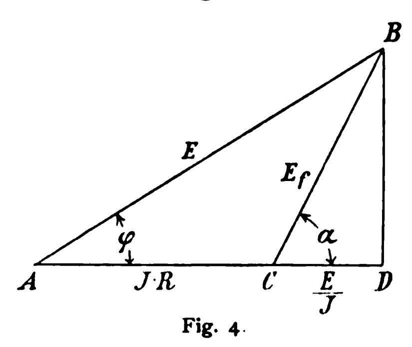


Fig. 4.

leicht, denn es ist offenbar, dass der in die widerstandslos gedachte Wicklung eingeleitete scheinbare Effekt $E_f J$ wegen der im Eisen enthaltenen Selbstinduktion grösser oder mindestens gleich dem wahren in Eisen verzehrten Effekte sein muss und dass der Effekt im anderen Grenzfall schliesslich gleich Null werden kann; dann ist nämlich der Fall der eisenfreien Stromkreise erreicht. Der $\sphericalangle \alpha$ liegt also immer zwischen 0 und $\pi/2$, das Dreieck *BCD* ist immer konstruierbar, und $\mathfrak{E}/J$ stellt die Nutzspannung für den vom Ohmschen Widerstande frei gedachten Stromkreis dar, die dem Effektverbrauche im Eisen entspricht. Und diese Nutzspannung muss sich natürlich zu der Nutzspannung des Ohmschen Widerstandes algebraisch addieren, was auch durch die geometrische Darstellung ausgedrückt ist. Es ist also bewiesen, dass sich die Wechselstromgrössen durch Dreiecke darstellen lassen; die Figur gilt natürlich auch für die Effekte und die Widerstände.

Ohne den Nachweis der Gültigkeit der in Gleichung (21) dargestellten Beziehung ist der Beweis, der von Roessler stammt[1]), wohl nicht überzeugend.

Nach dem oben eingeschlagenen Gange müssten nunmehr Untersuchungen darüber folgen, unter welchen Bedingungen die graphische Addition bei Eisen enthaltenden in Reihe oder nebeneinander geschalteten Impedanzen zulässig sei. Die Antwort wird sich aber auf einem Wege, wie wir ihn oben eingeschlagen haben, nicht finden lassen, denn den dortigen Untersuchungen liegt die Annahme konstanter Induktanzen zu Grunde. Eine allgemeine Lösung der Frage in einer Weise, die den praktischen Bedürfnissen vollkommen gerecht wird, dürfte überhaupt wohl nicht leicht zu liefern sein. — Dass die Verhältnisse bei Eisen enthaltenden Impedanzen nicht günstiger liegen werden als in den oben behandelten Fällen, liegt auf der Hand, und wir haben allen Grund, an der Zuverlässigkeit vieler durch graphische Behandlung gewonnenen Ergebnisse praktischer Wechselstromprobleme zu zweifeln.

Dass die häufige Unzulässigkeit der graphischen Behandlung der Wechselstromprobleme nicht schon längst durch das Experiment bewiesen ist, ist zum Teil wenigstens auf die Unzuverlässigkeit unserer technischen Wechselstrom-Messinstrumente zurückzuführen. Es wäre von grossem Interesse, die Ergebnisse der vorstehenden theoretischen Untersuchungen auch experimentell weiter zu verfolgen.

1) Elektrot. Zeitschrift 1895, S. 681.

(Eingegangen 16. Mai 1902.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Frage des durch die elektrische Konvektion erzeugten Magnetfeldes und über andere ähnliche Fragen.

(Schluss.)

Von A. Righi.

5. Kritische Betrachtungen.

Beginnen wir damit zu prüfen, auf welche Grundlage sich der negative Schluss von Crémieu stützt. Um zu diesem Schlusse zu gelangen, stützte sich der Genannte auf die Annahme, dass eine leitende Platte von grosser Ausdehnung zwischen der rotierenden Scheibe und dem Magnetometer die magnetische Wirkung der ersteren auf das letztere weder unterdrücken, noch auch vermindern könne. Das ist aber keineswegs bewiesen, da, auch wenn man die magnetischen Wirkungen eines kontinuierlichen Stromes und einer Konvektion, die in der gleichen Zeit die gleiche Elektrizitätsmenge wie jener in Bewegung setzt, als identisch annimmt,

hieraus keineswegs folgt, dass diese Identität notwendigerweise auch bei Gegenwart eines unbeweglichen Leiters noch bestehen müsse. Vielmehr scheint das Entgegengesetzte zuzutreffen. In der That würde sich auf dem Leiter, wenn er sich einem unbeweglichen elektrischen Körper gegenüber befände, durch Influenz eine Ladung von entgegengesetzten Vorzeichen bilden. Wenn nun der elektrisierte Körper sich bewegt, so muss die Influenzladung sich jedenfalls auf dem Leiter verschieben; sie mag in einem gegebenen Augenblick nicht mit derjenigen identisch sein, die auf dem Leiter vorhanden sein würde, wenn der elektrisierte Körper an der in dem betreffenden Augenblick von ihm eingenommenen Stelle unbeweglich wäre, aber sie muss jedenfalls existieren; und infolge ihrer Bewegung, welche diejenige des elektrisierten Körpers begleitet, wird sie eine magnetische Wirkung hervorbringen, die sich mit der, nach unserer Annahme, von dem elektrisierten Körper ausgehenden verbindet.

Die Gegenwart jenes Leiters verändert somit das durch die elektrische Konvektion erzeugte Magnetfeld, während eine ähnliche Änderung nicht eintritt, wenn der Leiter sich in der Nähe eines wirklichen elektrischen Stromes befindet.[1])

Viel weiter ist Potier[2]) gegangen, der behauptete, eine metallische Hülle, welche den Raum, in dem die elektrische Konvektion stattfindet, von demjenigen trennt, in dem sich das Magnetometer befindet, müsse jegliche Wirkung auf dieses Instrument unterdrücken. Sein Gedankengang ist der folgende: „Die magnetische Kraft, welche auftritt, wenn ein elektrisierter Körper sich bewegt, ist keine Fernwirkung, sondern kommt dadurch zu stande, dass die durch die Bewegung des elektrisierten Körpers bewirkte Störung in der Verteilung der elektrischen Kraft sich durch den Raum ausbreitet. Wird also — etwa indem man diesen Körper in einen hohlen Leiter oder zwischen die Armaturen eines Kondensators einschliesst — der Raum, innerhalb dessen sich die elektrische Störung ausbreiten kann, beschränkt, so beschränkt man damit gleichzeitig den Raum, innerhalb dessen das Magnetfeld auftreten kann."

Wie mir scheint, schliesst dieser Gedankengang eine unrichtige oder wenigstens unbewiesene Behauptung in sich. Allerdings lokalisiert ein hohler Leiter, der einen elektrisierten Körper umgiebt, das von diesem erzeugte elektrostatische Feld, falls der Körper sich nicht bewegt, denn das Feld ist ja ausserhalb des hohlen Leiters gleich Null; aber dasselbe lässt sich nicht behaupten, wenn sich der elektrisierte Körper in Bewegung befindet. In Wirklichkeit erzeugt der elektrisierte Körper vermöge seiner Bewegung ein Magnetfeld, und was sich ringsum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet, ist nicht, wie Potier annimmt, lediglich eine elektrische, sondern eine elektromagnetische Störung; niemand aber hat je bewiesen, dass die von der Bewegung eines elektrisierten Körpers erzeugte elektromagnetische Störung nicht im stande sei, jenseits eines Schirmes von endlicher Leitfähigkeit ein Magnetfeld hervorzubringen.

Mein Einwand lässt sich auch in einer gedrängteren, aber übrigens gleichbedeutenden Form ausdrücken. Ein elektrisierter und in Bewegung befindlicher Körper bewirkt nicht lediglich, wie Potier behauptet, eine Störung der elektrischen Kraft, sondern eine elektromagnetische Störung, insofern ein veränderliches elektrisches Feld von einem magnetischen Felde begleitet ist. Nun ist es nicht bewiesen, und wahrscheinlich trifft es auch garnicht zu, dass ein Metallschirm von endlicher Leitfähigkeit die Ausbreitung einer derartigen Störung aufhalten müsse.

Freilich vermögen wir nicht recht zu verstehen, welche Wirkung in den beschriebenen Versuchen der Leiter ausübt, der die Magnetnadel gegen die elektrostatischen Wirkungen schützt. Dieser Mangel ist es vielleicht, der uns die Ursache des Gegensatzes zwischen den Resultaten von Crémieu und denjenigen der anderen Experimentatoren nicht klar erkennen lässt. Hier nun könnten die Vertreter der theoretischen Physik Abhilfe schaffen durch eine mathematische Darstellung des elektromagnetischen Feldes, das jenseits einer unbegrenzten leitenden Ebene durch eine mit konstanter Geschwindigkeit in gerader Linie sich bewegende Ladung erzeugt wird.[1])

1) Wäre diese Behauptung auch für den Fall als richtig zu erweisen, dass man es, anstatt mit einem einzigen elektrisierten Teilchen, mit einer grossen Zahl von solchen zu thun hat, die einander in sehr geringen Abständen auf der gleichen Bahn folgen, aber keine zusammenhängende elektrisierte Linie bilden, so liesse sich daraus ein Einwand gegen die gegenwärtig von verschiedenen Seiten aufgestellte Hypothese ableiten, dass ein elektrischer Strom in einem Leiter nichts anderes sei, als ein Transport elektrisierter Teilchen oder Elektronen. In der That müsste die Annäherung eines Leiters an den Strom das von diesem erzeugte Magnetfeld beeinflussen, während dies, wie die Erfahrung lehrt, nicht der Fall ist.

Dieser Einwand wird indessen jede Bedeutung verlieren, falls es sich etwa beweisen lässt, dass die durch den Leiter bewirkte Veränderung des Magnetfeldes um so geringer ausfällt, je grösser die Geschwindigkeit der elektrisierten Teilchen ist, und dass der Betrag dieser Veränderung sich der Null nähert, wenn diese Geschwindigkeit sehr gross, etwa gleich der Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Störungen wird, oder aber, dass der Betrag der Veränderung mit Abnahme der Entfernung zwischen den aufeinanderfolgenden Elektronen zu verschwinden strebt.

2) L'Éclairage Électrique, 1. Dez. 1900, S. 352.

1) Herr Prof. Levi-Civita von Padua benachrichtigt mich soeben (20. Oktober 1901), dass es ihm gelungen ist, das von mir bezeichnete Problem zu lösen.

Es darf ferner nicht übersehen werden, dass, falls wir uns dem Gedankengange Potiers anschliessen, die Versuche Rowlands und der anderen, welche die magnetische Wirkung der elektrischen Konvektion beobachtet zu haben glaubten, völlig unerklärlich werden. In der That war bei all diesen Experimenten die Magnetnadel vollständig von metallischen Leitern umgeben, welche sie von dem Raume trennten, in dem die elektrische Konvektion stattfand.

Wilson[1]), mit dem ich mich weiterhin noch zu beschäftigen haben werde, hat die Verschiedenheit der Resultate von Crémieu und Rowland zu erklären gesucht, indem er annahm, bei den Versuchen des ersteren seien die Sektoren mangelhaft isoliert gewesen und indem er ferner die durch Influenz in den festen Leitern erzeugten Ladungen berücksichtigte. Wenn dem so wäre, so liesse sich der Sachverhalt leicht aufklären.

Nachdem wir nun unsere Bedenken bezüglich der Versuche Crémieus dargelegt haben, müssen wir gerechterweise anerkennen, dass auch die Versuche Rowlands und der anderen von einigen Einwänden nicht frei sind.

Vor allem kann man diesen Versuchen diejenigen Lechers entgegenstellen, die unter anscheinend ganz ähnlichen Bedingungen vorgenommen wurden und kein Anzeichen von dem Bestehen der gesuchten elektrischen Kraft ergaben.

Ferner ist zu bemerken, dass bei den vollständigsten und genauesten Versuchen, wie es die von Rowland gemeinsam mit Hutchinson durchgeführten waren, die beiden Experimentatoren aller Wahrscheinlichkeit nach nicht vermochten, alle Fehlerquellen zu beseitigen, da bei Umkehrung des Drehungssinnes der elektrisierten Scheiben die Ablenkung des Magnetometers nicht allein, wie es der Fall sein musste, sich umkehrte, sondern auch, was nicht hätte eintreten sollen, ihre Grösse änderte.

Zudem ist, wie Bouty[2]) in einer Recension hervorhebt, die vollständige Beseitigung des Ladungsverlustes der Scheiben beinahe unerreichbar. Dieser Verlust, welcher schliesslich der Hauptsache nach in einem Übergang von Elektrizität von den rotierenden Scheiben auf die Metallplatten besteht, welche dieselben von dem Magnetometer trennen, muss in den Platten selbst Ströme erzeugen, welche im stande sind, die Magnetnadel abzulenken. Auf den ersten Blick kann es scheinen —, und auch Bouty ist der Ansicht — als ob diese Ströme zugleich mit dem Vorzeichen der Ladung ihre Richtung umkehren müssten und von der Richtung der Rotation unabhängig wären. Bei näherem Nachdenken gelangt man jedoch zu der Erkenntnis, dass auch die Richtung der Rotation einen kleinen Einfluss ausüben muss. In der That besteht ja der Ladungsverlust der rotierenden Scheibe einerseits in einem beständigen Transport der Ladung der Scheibe von dieser hinweg — und dieser Transport muss vorzugsweise an gewissen Punkten der Scheibe vor sich gehen, wo die ihr nahe Metallplatte, jenseits deren sich das Magnetometer befindet, irgend einen Vorsprung, eine Rauhheit oder eine scharfe Kante darbietet, — sowie gleichzeitig in einem Transport der entgegengesetzten Elektrizität von dieser Metallplatte aus, und zwar namentlich von gewissen Punkten derselben, zur beweglichen Scheibe. Aber die Luftschicht, welche sich zwischen der Scheibe und der leitenden Platte befindet, muss infolge der Reibung gleichfalls mehr oder weniger im Sinne der Drehung der Scheibe in Bewegung sein und dadurch müssen die Bahnen der Teilchen, welche die Elektrizitätsübertragung vermitteln, deformiert werden und die Stellen der Platte, zu welchen die übertragenen Ladungen gelangen, müssen sich im Sinne der Rotation verschieben. Die Verteilung der Ströme innerhalb der Platte muss sich also mit dem Drehungssinne des elektrisierten Körpers ändern.

Aber auch abgesehen von den Wirkungen der Elektrizitätszerstreuung giebt es bezüglich der Interpretation der Versuche von Rowland, Himstedt etc. noch verschiedene dunkle Punkte; und ich glaube in der That, dass jedermann zögern würde, auf Fragen wie die folgende eine kategorische Antwort zu geben: Ein durch eine Umdrehungsfläche begrenzter geladener Leiter werde um seine geometrische Achse in Rotation versetzt; rotiert dann auch seine Ladung, oder bleibt dieselbe unbeweglich? Und wenn der Körper ein Isolator ist, seine Ladung also jedenfalls bei der Rotation mitgenommen wird, vermag dieselbe dann ein Magnetfeld zu erzeugen, während das elektrische Feld infolge der Gestalt des rotierenden Körpers unverändert bleibt, welche Winkelverschiebung der Körper auch erleiden mag?

Die Antwort auf die erste Frage wird zunächst verschieden ausfallen, je nachdem man annimmt, dass die Ladung des Leiters in ihm selbst oder ganz oder teilweise in der ihm anhaftenden Luftschicht ihren Sitz hat; und der Misserfolg Lechers könnte vielleicht von dem einen oder andern durch die Hypothese erklärt werden, dass eine nicht in Sektoren geteilte Scheibe ihre Ladung nicht mit sich führe. Auch die zweite Frage ist heikel; aber es scheint, dass dieselbe in bejahendem Sinne zu beantworten ist. Sie ist analog zu der anderen, soviel erörterten Frage, ob die magnetischen Kraftlinien mitgenommen werden oder nicht,

1) Phil. Mag. Juli 1901, S. 144.
2) Journ. de Phys. 1889, S. 530.

wenn ein cylindrischer Magnet mit symmetrisch um die Achse verteilter Magnetisierung um seine Achse rotiert.

Endlich lässt sich nach meiner Ansicht zwar nicht bezweifeln, dass die nichtisolierten Leiter, welche den Teil des Raumes, in dem die Konvektion ihren Sitz hat, von demjenigen trennen, in dem sich das Magnetometer befindet, die Äusserung der von jener hervorgebrachten magnetischen Kraft verhindern, aber ich halte es für nicht minder wahrscheinlich, dass die Influenzladungen, welche jene Leiter durchströmen, nicht ohne magnetische Wirkung sein können. Dann begreift man aber nicht, wie die Experimentatoren Ablenkungen erhalten konnten, deren Betrag gleich demjenigen war, der sich durch Berechnung unter ausschliesslicher Berücksichtigung der von den Ladungen der bewegten Leiter ausgeübten Wirkung ergeben hatte.

Wie man sieht, bieten auch die dem thatsächlichen Bestehen der vermuteten Erscheinung günstigen Experimente nicht jene Augenscheinlichkeit dar, die man in denselben vorzufinden wünschte. Alles in allem jedoch scheinen sie die Existenz der ersten von den vier Erscheinungen, die ich im Anfang aufgeführt habe, wirklich zu beweisen.

6. Vergleichende Prüfung der experimentellen Schwierigkeiten, welche voraussichtlich der Konstatierung der vier Erscheinungen anhaften.

Falls wirklich die Gegenwart des Leiters, der das Magnetometer umgiebt, bei den Versuchen zur Konstatierung der ersten von den im Eingang genannten vier Erscheinungen Schwierigkeiten mit sich bringt, so lässt sich leicht einsehen, dass dann die Konstatierung der dritten Erscheinung, welche das Umgekehrte der ersten darstellt, weniger schwierig ausfallen muss. Um das Vorhandensein dieser dritten Erscheinung zu konstatieren, muss man etwa ein Rad, auf dessen Umfang eine Anzahl gleichnamiger Magnetpole angeordnet ist, in rasche Umdrehung versetzen und beobachten, ob ein sehr leicht beweglicher elektrisierter Körper (z. B. ein Streifen Blattgold) eine Verschiebung erleidet oder ob eine in geeigneter Weise orientierte drehbare Nadel, die an ihren Enden gleiche und entgegengesetzte Ladungen trägt, eine Ablenkung erfährt. Nur müsste man, wenn es sich um den Nachweis der ersten Erscheinung handelte, vermeiden, dass die Magnetnadel durch eine elektrische Wirkung abgelenkt werde; dagegen besteht für den gegenwärtigen Fall keine derartige Gefahr, wenn nur die Nadel aus einer nicht merklich magnetischen Substanz gefertigt ist. Ist diese Substanz zugleich auch kein Leiter der Elektrizität, so hat man nicht einmal die Foucaultschen Ströme zu befürchten. Die elektrisierte Nadel, welche hier an Stelle der Magnetnadel tritt, braucht also in keine Hülle eingeschlossen zu sein und es ist deshalb anzunehmen, dass der experimentelle Nachweis der dritten Erscheinung sich leichter gestalten wird als derjenige der ersten. Den zur Anstellung des Versuches erforderlichen Apparat habe ich bereits projektiert.

Bei der zweiten und vierten Erscheinung, die zu einander reciprok sind, bestehen die experimentellen Schwierigkeiten des Nachweises gleichfalls in verschiedenem Grade. Hier aber ist diejenige, welche voraussichtlich geringere Schwierigkeiten darbieten sollte, die zweite (Erzeugung einer elektrischen Kraft durch ein veränderliches Magnetfeld), also mit anderen Worten gerade diejenige, deren Nachweis Lodge zweifelhaft gefunden und Crémieu für gescheitert erklärt hatte. Bezüglich der vierten Erscheinung (Erzeugung einer magnetischen Kraft durch ein veränderliches elektrisches Feld) besteht obendrein noch, ebenso wie bei der ersten, die Notwendigkeit, durch eine leitende Umhüllung die elektrische Einwirkung auf das Magnetometer zu verhindern.

Ich will nunmehr die erste Erscheinung, mit der ich mich genügend beschäftigt habe, ebenso wie die dritte, deren Nachweis noch nicht versucht worden ist, und die vierte, deren experimenteller Nachweis keine Hoffnung auf einen leichten Erfolg darbietet, beiseite lassen, und wende mich ausschliesslich zur zweiten Erscheinung, das heisst, zu der Erzeugung eines elektrischen Feldes durch ein veränderliches Magnetfeld.

7. Über die Versuche zum Nachweis der zweiten Erscheinung.

Anscheinend war Lodge[1]) der erste, der experimentell den Nachweis zu liefern versuchte, dass auf einen elektrisierten Körper, wenn er sich in einem Magnetfeld befindet und dieses eine Veränderung erleidet, eine elektrische Kraft einwirkt, die ihn zu bewegen strebt. Nach einer langen Reihe fruchtloser Versuche erhielt er, wie es scheint, ein Anzeichen des gesuchten Phänomens. Er hatte zuletzt einen geschlossenen Ring aus Eisendraht benutzt, der mit einem kupfernen Leitungsdraht nach Art des Ankers einer Dynamomaschine umwickelt war und in dessen Mitte ein elektrisierter Körper sehr leicht beweglich aufgehängt war.

Während bei geschlossenem konstanten Strom in der Umgebung des Ringes kein Magnetfeld existiert, kommt bekanntlich während der veränderlichen Periode des Stromes vor-

1) Phil. Mag. Juni 1889, S. 469.

übergehend ein Magnetfeld zu stande. Mit einem elektrisierten Stückchen Blattgold bekam Lodge, nachdem er auf geschickte Weise viele bedeutende Schwierigkeiten aus dem Wege geräumt und die Fehlerquellen herabgemindert hatte, kleine Ablenkungen in dem erwarteten Sinne. Er stellte dieses Resultat nicht als endgültig[1]) hin; es ist uns indessen nicht bekannt, dass er diese interessanten Versuche später wieder aufgenommen hätte.

Dagegen erhielt Crémieu mit einer Versuchsanordnung, die von der von Lodge benutzten verschieden war, ein negatives Ergebnis; dieses Ergebnis war es, welches ihn zur Wiederaufnahme der Rowlandschen Versuche zum Nachweis der ersten Erscheinung veranlasste.

Crémieus Apparat[2]) lässt sich mit dem bekannten elektromagnetischen Rotationsapparat vergleichen, der aus einem senkrechten Magneten und einem um dessen Achse beweglichen rechteckigen Stromleiter besteht; der Strom betritt den Leiter durch eine in der Mitte der oberen horizontalen Seite des Rechtecks angebrachte Spitze, die zugleich als Aufhängungsvorrichtung dient, und verlässt ihn durch eine kreisförmige Quecksilberrinne, welche den Äquatorialschnitt des Magneten umgiebt. In Crémieus Apparat ist der Magnet durch einen Elektromagneten ersetzt, und die Quecksilberrinne durch eine durchlöcherte Aluminiumscheibe, die, um die Entstehung der Foucaultschen Ströme zu verhindern, längs eines Durchmessers entzweigeschnitten ist. Ist die Scheibe mit Elektrizität geladen und wird vermittelst eines besonderen Kommutators die Stromrichtung in der Spule des Elektromagneten umgekehrt, so muss durch die vermuteten elektrischen Kräfte die Scheibe einen Impuls erleiden, welcher sie in Rotation versetzt.

Bei den Versuchen Crémieus bewirkte der Kommutator in kurzen Zwischenräumen die Stromumkehrungen und ausserdem wurde zwischen einer Umkehrung und der anderen die Ladung der Scheibe gewechselt. Auf diese Weise mussten die Wirkungen der aufeinanderfolgenden Stromumkehrungen sich miteinander verbinden und der Scheibe eine dauernde Ablenkung erteilen. Nach der auf Grund der Versuchsdaten vorgenommenen Berechnung hätte diese Ablenkung gut sichtbar sein müssen. Statt dessen aber beobachtete Crémieu nicht die geringste Ablenkung der Scheibe.

Unlängst hat aber Wilson[3]) an diesem Versuche eine scharfe Kritik geübt; nach ihm ist gerade die Thatsache, dass keine Verschiebung beobachtet wurde, geeignet, den sichersten Beweis dafür zu bilden, dass die gesuchte Erscheinung existiert.

1) Loc. cit. S. 479.
2) C. R. 131, 578.
3) Phil. Mag. Juli 1901, S. 144.

In der That hat es Crémieu ausser acht gelassen, gewisse elektromagnetische Kräfte in Betracht zu ziehen, welche auftreten, nicht etwa wenn bei geladener Scheibe der Strom des Elektromagneten, sondern wenn bei gleichbleibender Erregung des letzteren die Ladung der Scheibe umgekehrt wird. Dieser Wechsel der Ladung ist notwendigerweise von einem vorübergehenden elektrischen Strom in den Drähten des beweglichen Rechtecks, an welchem die Scheibe befestigt ist, begleitet, und das Magnetfeld muss demnach, ganz wie bei dem Rotationsapparat, mit dem der Apparat Crémieus so grosse Ähnlichkeit hat, das Rechteck in Drehung zu setzen streben.

Den von diesen elektromagnetischen Kräften hervorgebrachten Effekt hat Wilson berechnet, und er hat gefunden, dass derselbe genau die Wirkung der gesuchten Erscheinung aufzuheben im stande ist. Und da bezüglich des Vorhandenseins jener elektromagnetischen Kräfte kein Zweifel bestehen kann, so bildet das negative Ergebnis Crémieus den besten indirekten Beweis für die Existenz einer durch die Änderungen des Magnetfeldes erzeugten elektrischen Kraft.

Crémieu hat auf Wilsons Kritik in einer kurzen Mitteilung[1]) erwidert, in welcher er sagt, er habe zu seinen Versuchen ein geschlossenes elektromagnetisches Solenoid benutzt, dessen Magnetfeld gleich Null ist; wenn man aber die von Crémieu[2]) publizierte Abbildung seines Apparates und die beigegebene Beschreibung betrachtet, so versteht man nicht recht, worauf sich diese Behauptung gründet; die Gültigkeit der Wilsonschen Schlussfolgerung scheint also nicht im mindesten beeinträchtigt[3]).

Gleichwohl wäre es wünschenswert, dass sich vermittelst der durch die Änderungen eines Magnetfeldes erzeugten elektrischen Kraft eine sichtbare Bewegung erhalten liesse. Der Nachweis der zweiten Erscheinung würde auf solche Weise viel offenkundiger werden, ganz ebenso wie die Demonstration des Gewichtes der Luft durch den Ausschlag einer Wage beim Einlassen von Luft in einen auf derselben ins Gleichgewicht gebrachten luftleer gepumpten Ballon viel wirksamer ist, als der Beweis derselben Thatsache mit Hilfe der Gleichheit des Gewichts einer mit Luft gefüllten Blase und derselben Blase im leeren Zustande.

1) Phil. Mag. Aug. 1901, S. 236.
2) C. R. 131, S. 578.
3) Nachdem obiges bereits geschrieben war, konnte sich der Verf. davon überzeugen, dass der Crémieusche Apparat wirklich einen geschlossenen Magnetkreis hatte. Durch die Einwände Crémieus sind demnach die Schlüsse Wilsons thatsächlich entkräftet. (A. R.)

In den letzten Monaten habe ich meinerseits versucht, den direkten experimentellen Nachweis der zweiten Erscheinung zu verwirklichen; ich musste jedoch meine Versuche abbrechen, ohne sichere Resultate erhalten zu haben. Gleichwohl will ich in Kürze mitteilen, wie ich meinen Apparat vorbereitet hatte und auf welche Weise es mir gelungen war, die grössten von den überaus zahlreichen Schwierigkeiten, welchen man bei solchen delikaten Versuchen begegnet, zu überwinden.

Zur Erzeugung des Magnetfeldes benutzte ich einen gewöhnlichen Ruhmkorffschen Elektromagneten, der mit vertikaler magnetischer Achse auf einer mit Niveauschrauben versehenen Grundplatte montiert wurde. Die Erregung des Magneten geschah durch einen Strom von 4—10 Ampère, der mittels eines Handunterbrechers geschlossen, unterbrochen und invertiert werden konnte. Die untere Spule trug einen konischen Polaufsatz, die obere war ohne einen solchen. Innerhalb der weiten Höhlung dieser letzteren steckte konzentrisch und isoliert ein Messingrohr, dessen Durchmesser etwas geringer als derjenige der Öffnung und dessen Länge eine derartige war, dass es oben und unten etwas aus der Spule herausragte. In der oberen Öffnung der Röhre war ein versilberter Quarzfaden befestigt, der unten aus der Röhre heraustrat und hier die mit einem Spiegel verbundene bewegliche Nadel trug, welche eine elektrische Ladung erhielt und die wir für den Augenblick als der Nadel eines Quadrantenelektrometers ähnlich voraussetzen dürfen. Die Einfügung der Messingröhre in die Konstruktion des Apparats war von grossem Vorteil, da es ohne dieselbe oft vorgekommen war, dass der Quarzfaden von der Wand der Öffnung angezogen wurde und zu oscillieren begann.

Ein anderer und sehr wichtiger Teil des Apparats war ein cylindrisches Zinkgehäuse, welches die Nadel umgab und zum Erdboden abgeleitet war. Durch eine geeignete Öffnung in der oberen Platte des Gehäuses ragte das Messingrohr etwas in jenes hinein; die Bodenplatte ruhte auf dem konischen Polaufsatz und ein wenig über diesem befand sich die Nadel.

In der cylindrischen Wandung des Zinkgehäuses waren drei Öffnungen angebracht, die durch Glasplatten und am Rande derselben auf das Zink festgelötete Drahtnetze verschlossen waren. Durch die eine konnte die Nadel, wenn im Verlauf der Versuche ihre Lage konstatiert werden musste, stark beleuchtet werden, durch die beiden anderen betrachtete man die Nadel und durch eine dieser beiden wurden auch mittels Fernrohr und Skale die Ablenkungen abgelesen.

Die Ausführung des Versuches geschah in der Weise, dass man beobachtete, ob die vermittelst einer Zambonischen Säule geladene Nadel bei plötzlicher Umkehrung des Stromes in dem Elektromagneten eine Ablenkung erfuhr. Kleine Ablenkungen bekam ich beinahe immer, aber dieselben waren nicht konstant und nicht gross genug, um als Beweis für die gesuchte Erscheinung gelten zu dürfen; ich denke deshalb zu geeigneter Zeit die Untersuchung wieder aufzunehmen. Gleichwohl halte ich es für nützlich, schon jetzt die Fehlerquellen anzudeuten, denen ich begegnet bin, sowie die Mittel, mit denen ich dieselben zu beseitigen suchte.

Ein Umstand ist vor allem zu berücksichtigen: So sorgfältig man auch den Apparat montieren mag, ist es doch nahezu unmöglich, die idealen Bedingungen der Symmetrie, die für sich allein schon die Versuchsbedingungen ausserordentlich vereinfachen würden, vollständig zu erfüllen. Es ist darum weder erlaubt anzunehmen, die Nadel sei mit Bezug auf den Aufhängefaden vollkommen symmetrisch, noch darf man voraussetzen, die Richtung dieses letzteren falle genau mit der magnetischen Achse beider Spulen zusammen oder das Magnetfeld habe eine strenge Umdrehungsform. Daraus folgt, dass die Nadel, unabhängig von ihrer elektrischen Ladung, bei Umkehrung der Stromrichtung in den Spulen durch verschiedene Ursachen eine Ablenkung erfahren kann.

In der That muss dieselbe abgelenkt werden: 1. wenn sie selbst schwach paramagnetisch oder diamagnetisch ist; 2. infolge des Auftretens von Induktionsströmen in ihrer eigenen Masse oder in dem mit ihr fest verbundenen Spiegelchen.

Diese Ablenkungen sind durch bestimmte Eigentümlichkeiten gekennzeichnet. So sind die von der ersten Ursache herrührenden permanent und unabhängig sowohl von der Ladung der Nadel wie von der Richtung des Stromes im Moment der Umkehrung desselben. Die von den Foucaultschen Strömen herrührenden Ablenkungen dagegen sind momentan, wenn auch gleichfalls unabhängig von der Ladung der Nadel und der Richtung des Stromes.

Diese Ablenkungen würden sicher nicht eintreten, wenn der Apparat streng symmetrisch wäre. Je weniger sich der Apparat von der vollkommenen Erfüllung der idealen Symmetrie-Bedingungen entfernt, desto geringer werden sie ausfallen; ihre vollständige Beseitigung wird aber unter keinen Umständen gelingen. Allerdings ist es wahr, dass man diese Ablenkungen nicht mit jenen verwechseln kann, deren Feststellung Gegenstand der Untersuchung ist, denn diese letzteren müssen bei Umkehrung sowohl des Vorzeichens der Ladung der Nadel

wie der Stromrichtung ihre Richtung ändern und völlig verschwinden, wenn die Nadel ohne Ladung ist. Im allgemeinen sind aber auch diese Ablenkungen ausserordentlich viel kleiner als die durch die vorhin erwähnten Ursachen bewirkten und sie können darum nur dann kenntlich werden, wenn es gelingt, die von äusseren Ursachen herrührenden Ablenkungen möglichst klein zu machen.

Nach einer, ich möchte sagen unzähligen Menge von Versuchen bin ich dahin gelangt, die störenden Ablenkungen auf ein Minimum zu reduzieren, indem ich der Nadel die folgende Konstruktion gab.

Dieselbe besteht aus einem ausserordentlich leichten Röhrchen aus Cigarettenpapier, das durch halbkugelförmige Endflächen aus demselben Material verschlossen ist. Ein winziger Bügel aus Briefpapier dient dazu, das Röhrchen an dem Quarzfaden zu befestigen, wie auch den Spiegel zu tragen, von welchem der Silberbelag entfernt wurde. Ich musste viele, aus Mikroskop-Deckplättchen genommene Spiegelchen probieren, ehe ich eines fand, das eben hinreichend war, um in dem Fernrohr von der zwei bis drei Meter weit davon abstehenden Skala ein deutliches Bild zu geben. Die Ablesung bedurfte wegen des Fehlens eines Silberbelags auf dem Spiegel und wegen des Drahtnetzes vor der Öffnung des Zinkgehäuses einer besonders intensiven Beleuchtung der Skala.

Das Zinkgehäuse hat nicht allein die Aufgabe, die Nadel gegen Luftströmungen zu schützen; dasselbe dient auch dazu, eine Fehlerquelle zu beseitigen, welche ich noch nicht erwähnt habe, und welche umsomehr zu fürchten ist, als sie der Nadel Ablenkungen zu erteilen strebt, welche mit den gesuchten Ablenkungen verschiedene Eigentümlichkeiten teilen.

Diese Fehlerquelle bestand in der elektrostatischen Wirkung des Stromkreises des Elektromagneten auf die Nadel. Dieselbe strebte Ablenkungen hervorzubringen, welche sowohl mit dem Vorzeichen der Ladung der Nadel wie auch mit der Richtung des Stromes ihre Richtung umkehrten, und welche sich somit von denjenigen, die infolge der zweiten Erscheinung hätten auftreten müssen, nur dadurch unterschieden, dass sie dauernd anstatt vorübergehend waren. Das Metallgehäuse beseitigte diese Fehlerquelle vollständig.

Endlich gab es noch einen Übelstand, der aber nicht in einem elektrischen Vorgang begründet war, sondern in den durch zufällige Temperaturunterschiede zwischen den Wänden des Zinkgehäuses innerhalb des letzteren hervorgerufenen Luftströmungen seine Ursache hatte. Die unregelmässigen Bewegungen der Nadel, die dadurch entstanden, wurden unerträglich, wenn infolge lang fortgesetzten Stromdurchganges durch die Spulen des Elektromagneten dieser sich etwas zu erhitzen anfing.

Dieser Übelstand kann also sehr schwer ins Gewicht fallen; man kann ihm jedoch leicht abhelfen. Man braucht zu diesem Zwecke nur ausserhalb des Zinkgehäuses und in unmittelbarer Berührung mit den Endflächen desselben Scheiben aus Holz oder Pappdeckel anzubringen und die Cylinderwandung auf gleiche Weise oder besser mit einer Schicht von Watte zu bedecken, wobei nur, wie selbstverständlich, die mit Glas verschlossenen Öffnungen freigelassen werden.

Auf diese Weise gelang es mir, der Nadel eine bedeutende Stabilität zu verschaffen, abgesehen natürlich von den häufigen Erschütterungen durch die Nachbarschaft und durch Wagen und die Pferdebahn in den Strassen, an die mein gegenwärtiges, so unglückselig gelegenes Institut stösst. Nur in den Nachtstunden, die zumal für denjenigen, der nicht bei seinem Laboratorium wohnt, die unbequemsten sind, konnte ich ein paar zuverlässige Versuche anstellen; offenbar aber ist es nicht möglich, unter solchen Bedingungen eine lange und delikate und an sich schon sehr ermüdende Arbeit durchzuführen.

Wenn ich aber auch das Ergebnis, welches ich im Auge hatte, noch nicht mit dem nötigen Grade von Genauigkeit erreicht habe, so kann ich doch sagen, dass ich mir von den hauptsächlichsten Fehlerquellen genau Rechenschaft abgelegt und dass ich dieselben hinreichend eingeschränkt habe, damit ich, falls ich die notgedrungenerweise unterbrochene Untersuchung wieder aufnehmen kann, nur noch für einen empfindlicheren Apparat und eine geeignete Aufstellung desselben zu sorgen haben werde.

Schluss.

Aus den mitgeteilten Darlegungen ist meines Erachtens zu schliessen, dass die Versuche Crémieus unser Vertrauen in die so vollständige und an Anregungen so reiche moderne Theorie der Elektrizität in keiner Weise zu erschüttern brauchen. Damit aber ist noch nicht in Abrede gestellt, dass es notwendig oder wenigstens wünschenswert sei, dass neue und genaue Untersuchungen uns die unzweifelhafteste Bestätigung von dem Vorhandensein eines der vier im Eingang bezeichneten Phänomene oder anderer Erscheinungen, auf welche die Theorie etwa hinweisen könnte, verschaffen mögen.

Vielleicht kann die Klarlegung der zwischen jenen vier Phänomenen bestehenden Beziehungen ein derartiges Ergebnis fördern oder beschleu-

nigen, nachdem durch jene Beziehungen dem Experimentator eine reichere Auswahl an Hilfsmitteln dargeboten ist, die er zu seinen Untersuchungen heranziehen kann.

(Aus dem Italienischen übersetzt von B. Dessau.)

(Eingegangen 12. März 1902.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Böttger, Wilh., Grundriss der qualitativen Analyse vom Standpunkte der Lehre von den Ionen. Mit 10 Figuren, 3 Tabellen und einer Spektraltafel. gr. 8. XII u. 249 S. 1902. Leipzig, Wilhelm Engelmann. Gebunden M. 7 —.

Crew, Henry, and **Tatuall, Robert R.**, A laboratory manual of physics for use in high schools. With 128 fig. 8. XIII u. 234 S. 1902. New York, Macmillan Company. Gebunden.

Dziobek, O., Lehrbuch der analytischen Geometrie. Erster Teil: Analytische Geometrie der Ebene. Mit 85 Figuren im Text. gr. 8. VIII u. 350 S. 1900. Braunschweig, A. Graff's Buchhandlung. M. 6 —.

— — Zweiter Teil: Analytische Geometrie des Raumes. Mit 36 Figuren im Text. gr. 8. VIII u. 314 S. 1902. M. 6 —.

Eder, Jos. Maria, Ausführliches Handbuch der Photographie. 2. Aufl. Neuntes Heft (Bd. III, Heft 1). — Die Grundlage der Photographie mit Gelatine-Emulsionen. Von Josef Maria Eder. Mit 30 Abbildungen. Fünfte vermehrte und verbesserte Auflage. gr. 8. IX u. 343 S. 1902. Halle a. S., Wilhelm Knapp. M. 7 —.

Encyklopädie der Photographie. 8. 1902. Halle a. S., Wilhelm Knapp.

Heft 13. von Hübl, Arthur Freiherr, Der Platindruck. Mit 7 in den Text gedruckten Abbildungen. Zweite umgearbeitete Auflage. VIII u. 152 S. M 4 —.

Heft 17. Stolze, F., Die Kunst des Vergrösserns auf Papieren und Platten. Mit 95 in den Text gedruckten Abbildungen und 11 Tabellen. Zweite verbesserte Auflage. VIII u. 194 S. M. 6 —.

Heft 39. Reiss, R. A., Die Entwicklung der photographischen Bromsilbertrockenplatte und die Entwickler. Mit 8 Tafeln und 4 in den Text gedruckten Abbildungen. VIII u. 155 S. 1902. M. 4 —.

Heft 40. Lüppo-Cramer, Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie. VIII u. 112 S. 1902. M. 4 —.

Heft 41. Scheffler, Hugo, Das photographische Objektiv. Eine gemeinverständliche Darstellung. Mit 35 in den Text gedruckten Abbildungen. VIII u. 88 S. 1902. M. 2.40.

Gibbs, J. Williard, Elementary principles in statistical mechanics, developed with especial reference to the national foundation of thermodynamics. New York, Charles Scribner's sons. 1902. London WC., 37 Bedford Street, Strand, Edward Arnold. sh. 17 —.

Jahresbericht, Astronomischer. Mit Unterstützung der Astronomischen Gesellschaft herausgegeben von Walter F. Wislicenus. III. Band, enthaltend die Litteratur des Jahres 1901. gr. 8. XXXII u. 671 S. 1902. Berlin, Georg Reimer. M. 20 —.

Jahresbericht Elfter der Physikalischen Gesellschaft Zürich 1899 und 1900. gr. 8.

Jones, Harry C., The elements of physical chemistry. With 67 fig. gr. 8. XI u. 565 S. 1902. New York, Macmillan Company. Gebunden.

Krisch, August, Astronomisches Lexikon. Auf Grundlage der neuesten Forschungen, besonders der Spectralanalyse und der Himmelsphotographie, bearbeitet. Das Werk erscheint in 20 Lieferungen zu 50 Pfg. Bisher 10 Lieferungen erschienen. Auch in 2 Hälften à 5 M. Wien, A. Hartleben's Verlag.

Lanner, Alois, Naturlehre. Mit 377 Figuren, einer Spectraltafel und 4 meteorologischen Karten in Farbendruck. Bearbeitet für die oberen Classen der Mittelschulen auf Grund der mit Erlass des hohen k. k. Ministeriums für Cultus und Unterricht vom 23. Februar 1900 veröffentlichten 2. Auflage des Lehrplanes und der Instructionen für Gymnasien. gr. 8. IV u. 378 S. 1902. Wien, Jos. Roth'sche Verlagsbuchhandlung. Broch. M. 4.50, geb. M. 5.20.

Lorentz, H. A., Sichtbare und unsichtbare Bewegungen. Vorträge auf Einladung des Vorstandes des Departements Leiden der Matschappij tot nul van't algemeen im Februar und März 1901. Unter Mitwirkung des Verfassers aus dem Holländischen übersetzt von G. Siebert. Mit 40 eingedruckten Abbildungen. gr. 8. IV u. 123 S. 1902. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 3 —.

Mathet, L., Traité de chimie photographique. Deuxième édition. Entièrement refondue et considérablement augmentée. Tome I. Paris, 118 et 118bis Rue d'Assas, Charles Mendel.

Mitteilungen der Physikalischen Gesellschaft in Zürich 1901. Nr. 1. gr. 8. 1901. Zürich, Buchdruckerei F. Lohbauer.

Ostwald W., Über Katalyse. Vortrag, gehalten auf der 73. Naturforscherversammlung zu Hamburg am 26. September 1901. kl. 8. 32 S. 1902. Leipzig, S. Hirzel. M. — 60.

Perry, John, Höhere Analysis für Ingenieure. Autorisierte deutsche Bearbeitung von Robert Fricke und Fritz Süchting. Mit 106 in den Text gedruckten Figuren. gr. 8. IX u. 423 S. 1902. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner. Geb. M. 12 —.

Pettenkofer, Max von, Über Ölfarbe und Konservierung der Gemäldegalerien durch das Regenerationsverfahren. Zweite Auflage. gr. 8. VII u. 183 S. 1902. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 3 —.

Russner, Johannes, Grundzüge der Telegraphie und Telephonie für den Gebrauch an technischen Lehranstalten. Mit 423 Abbildungen im Text und einer Tafel. gr. 8. VIII u. 274 S. 1902. Hannover, Gebrüder Jänecke. M. 4.80.

van Schaik, W. C. L., Wellenlehre und Schall. Autorisierte deutsche Ausgabe, bearbeitet von Hugo Fenkner. Mit 176 in den Text eingedruckten Abbildungen. gr. 8. XI u. 358 S. 1902. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 8 —.

Weiler, W., Physikbuch mit in den Text eingedruckten farbigen Abbildungen. Ein Lehrbuch der Physik für den Schulunterricht und zur Selbstbelehrung. gr. Esslingen, J. F. Schreiber. Erster Band: Magnetismus und Electricität. Mit 445 in den Text eingedruckten, meist farbigen Abbildungen. X u. 290 u. XI S. Geb. M. 4.50. Zweiter Band: Mechanik. Mit 250 in den Text eingedruckten, meist farbigen Abbildungen. VII u. 156 u. VII S. Geb. M. 2.50. Dritter Band: Schwingungen und Wellen, Akustik: Lehre vom Schall. Mit 80 in den Text eingedruckten, meist farbigen Abbildungen, III u. 52 u. II S. Geb. M. 1.20.

— Physikalisches Experimentir- und Lesebuch mit vielen Freihandversuchen. Für den Schulunterricht und zur Selbstbelehrung bearbeitet. Mit 257 in den Text eingedruckten, meist farbigen Abbildungen. gr. 8. Esslingen, J. F. Schneider. IV u. 143 u. V S. Geb. M. 3 —.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An der Universität Heidelberg hat sich der Assistent am Physikalischen Institut Dr. R. H. Weber für Physik habilitiert.

Der Professor der Chemie an der Universität Greifswald Dr. Hugo Schwanert tritt mit Ende dieses Halbjahres in den Ruhestand, ebenso der a. o. Professor der Chemie an der Universität Leipzig Dr. Anton Weddige.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 20. | 15. Juli 1902. Redaktionsschluss für No. 21 am 23. Juli 1902. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Lumineszenz bei tiefen Temperaturen.

Von J. Precht.

1. Aus Beobachtungen von Dewar[1]) und Becquerel[2]) ist bekannt, dass Urannitrat beim Eintauchen in flüssige Luft oder flüssigen Wasserstoff zu leuchten beginnt. Der Krystall leuchtet solange er sich abkühlt, das Leuchten erlischt dann und zeigt sich später von neuem, wenn der Krystall herausgenommen wird und sich dabei wieder erwärmt. Der Versuch lässt sich mit demselben Krystalle mehrfach wiederholen, doch zerfällt er bald in kleine Bruchstücke. Der in flüssiger Luft dunkel gewordene Krystall leuchtet wieder beim Reiben an der Gefässwand.

Bei ähnlichen Versuchen fand ich, dass man hier zwei Erscheinungen zu trennen hat, einmal die Triboluminescenz (nach E. Wiedemanns Bezeichnung) des Krystalles beim Zerspringen infolge der Dichteänderung beim Abkühlen und ferner die Änderung der Intensität des ausgesandten Phosphoreszenzlichtes mit abnehmender Temperatur. Bekanntlich sendet Urannitrat auch bei Zimmertemperatur dauernd ein schwaches, aber deutlich wahrnehmbares Phosphoreszenzlicht aus, unabhängig von der beim Schütteln der Krystalle erregten Triboluminescenz. Beide Vorgänge bleiben beim Abkühlen nebeneinander bestehen. Die Dichteänderung hat ein Zerspringen der Krystalle und begleitende Triboluminescenz beim schnellen Abkühlen und Wiedererwärmen zur Folge. Nicht in unmittelbarem Zusammenhange damit steht aber die Änderung der Intensität des Phosphoreszenzlichtes mit der Temperatur.

Diese letztere kann man für sich beobachten, wenn man die Substanz ausserordentlich fein pulverisiert. Dann fehlt die Triboluminescenz und man erkennt, wie das Leuchten mit abnehmender Temperatur allmählich anwächst, bis es etwas oberhalb der Temperatur der flüssigen Luft ein Maximum erreicht, dann aber völlig erlischt, sobald die ganze Masse die Temperatur -193^0 erreicht hat. Beim Herausnehmen aus dem Dewarschen Gefässe — ich benutzte eine halbkugelige Schale von 10 cm Durchmesser — wiederholt sich derselbe Gang in umgekehrter Reihenfolge.

Dass hierbei nicht das Temperaturgefälle, sondern das Erreichen einer bestimmten sehr tiefen Temperatur für das Maximum der Lichtentwicklung bestimmend ist, zeigen folgende Versuche: Kühlt man in einer Mischung von fester Kohlensäure und absolutem Alkohol plötzlich auf -79^0 ab (Holborn), so wächst das Leuchten nur unbedeutend gegenüber dem bei $+18^0$, so schnell man auch die Abkühlung und Wiedererwärmung vornehmen mag. Beim Eintauchen in flüssige Luft beginnt das helle Leuchten erst lange nach dem Ablauf des Leidenfrostschen Phänomens. Zu dieser Zeit kann eine grosse Temperaturdifferenz nicht mehr vorhanden sein. Wird das Pulver nicht in ein sehr dünnwandiges, nur 5 mm weites Probierrohr gebracht, sondern in ein weiteres, so kann man es leicht erreichen, dass das Innere des weiteren Rohres gerade eben die Temperatur des stärksten Leuchtens annimmt. Dieser Zustand bleibt dann unbegrenzt lange bestehen.

Das Urannitrat schliesst sich also dem bekannten Verhalten anderer Phosphore darin vollständig an, dass seine Strahlung für eine bestimmte hier sehr tiefe Temperatur ein Maximum hat.

Soweit unmittelbare Beobachtung einen Schluss zulässt, fällt die stärkste Triboluminescenz (lebhaftes Knistern und Funkensprühen, Sprengen des Krystalls) mit dem hellsten Phosphoreszieren zusammen. Es wäre möglich, dass an diesem Punkte auch das Dichtemaximum der Substanz liegt. — Ähnlich wie Urannitrat verhalten sich Uransulfat und Uranylfluorid.

2. Von anderen Substanzen, die ich untersucht habe, sind besonders interessant diejenigen, die bei gewöhnlicher Temperatur kein Eigenlicht

1) Dewar, Nature **64**, 243, 1901.
2) Becquerel, C. R. **133**, 199, 1901.

aussenden, wie es die Uranverbindungen thun, und die dennoch ohne jede vorherige Erregung durch Lichtstrahlen bei starker Abkühlung lebhaft lumineszieren. Hierhin gehören Baryumplatincyanür, Calciumplatincyanür und Pentadecylparatolylketon. Alle drei Substanzen sind durch Kathodenstrahlen erregbar, die beiden ersten auch durch Röntgenstrahlen.

Von dem Keton wurden zwei Proben verschiedener Reinheit untersucht, von denen die weniger reine wohl in Kathodenstrahlen, aber nicht in Röntgenstrahlen leuchtete, während die sorgfältig gereinigte weder in Kathodenstrahlen noch in Röntgenstrahlen erregt wurde.[1]) Alle vier Körper haben beim Eintauchen in flüssige Luft eine kurze Periode sehr heller Phosphoreszenz, die in der Nähe von -193^0 liegt. Ist aber diese Temperatur dauernd vorhanden, so sind sie dunkel, um erst beim Erwärmen wieder für kurze Zeit aufzuleuchten. Alle vier Körper leuchten nicht bei -79^0.

Die beiden Ketone zeigen schon bei gewöhnlicher Temperatur lebhafte Tribolumineszenz. Das Leuchten beim Abkühlen bleibt auch hier in fein pulverisiertem Zustande der Körper bestehen.

Quarze, die beim Schlagen leuchten, und zwar derbe Rosenquarze und vollkommen ausgebildete Krystalle, werden beim Abkühlen mit flüssiger Luft nicht erregt. Sie leuchten dagegen dann bei schwacher Berührung oder sehr gelinder Reibung.

Eis ist tribolumineszierend. Zerbricht man eine dünne Eisplatte von -20^0, so tritt kein Leuchten auf. Bringt man aber eine Eisplatte in flüssige Luft, so zerspringt beim Abkühlen die Platte plötzlich unter lebhafter Lichtentwicklung. Der Versuch wird besonders deutlich, wenn man die Eisplatte in die Mitte eines halbkugeligen Dewar-Gefässes hält. Im Momente des Zerspringens leuchtet dann infolge der Reflexion an der Silberbelegung die ganze Schale.

3. Das Leuchten und Knistern von Urannitratkrystallen bei starker Abkühlung erinnert so sehr an elektrische Entladungsvorgänge, dass Dewar darin eine starke pyroelektrische Erregung sah. In der That haftet ein Krystall infolge seiner elektrischen Ladung mit sehr grosser Kraft an der Wand des Dewarschen Gefässes, wenn er derselben zu nahe gekommen ist. Das Abkühlen soll nach Dewar elektrische Entladungen zwischen den Krystallmolekülen zu stande bringen. Da flüssige Luft ausgezeichnet isoliert, hätte man hier eine sehr einfache Form des von Herrn Riecke[2]) angegebenen pyroelektrischen Fundamentalversuches, nach welchem ein Krystall die während der Erwärmung oder Abkühlung gewonnene Ladung im isolierenden Medium dauernd behält. Auch die Tribolumineszenz des Eises beim Abkühlen kann als eine rein pyroelektrische Entladung gedeutet werden. Ebensogut können piëzoelektrische Vorgänge infolge der molekularen Veränderungen bei der plötzlichen energischen Kontraktion und Ausdehnung zur Erklärung herangezogen werden.

Auch das geschmolzene Pentadecylparatolylketon, das sich nach dem Abkühlen unter dem Polarisationsmikroskop krystallinisch erweist, würde dieser Auffassung kaum prinzipielle Schwierigkeiten darbieten. Das Keton wird noch stärker elektrisch als Urannitrat und zeigt das stärkste Leuchten in dem Augenblicke, in welchem ein deutliches Krachen plötzliche Veränderungen des molekularen Gefüges verrät.

Eine Reihe elektrischer Versuche habe ich in der Weise angestellt, dass der zu prüfende Körper in einer isolierten mit einem Exnerschen Elektroskope verbundenen kleinen Metalldose in flüssiger Luft abgekühlt und dann das Dewarsche Gefäss entfernt wurde. Bisweilen wurde der Körper auch direkt mit einem isoliert befestigten Metalldrahte umwickelt und eingetaucht.

Von Fehlerquellen durch Eisreibung u. s. w. wird man frei durch Filtrieren der flüssigen Luft. Eingetauchte Metalle bekommen dann keine Ladung.[1]) Wird ein Stück Keton längere Zeit abgekühlt und das Dewar-Gefäss entfernt, so erhält man erst einen momentanen Ausschlag des Elektroskopes von positiver Elektrizität, dann bleiben die Blättchen auf Null und nach etwa 12 bis 20 Sekunden erhält man plötzlich einen starken Ausschlag von negativer Elektrizität. Oft schlagen die Blättchen zweimal unter Entladung an das Gehäuse. Bringt man das Keton in die Metallbüchse, so beobachtet man nur die momentane negative Ladung nach der gleichen Zeit wie oben. Ist die Erregung schwach, so wächst eine erteilte negative Ladung momentan und dann stellt sich der frühere Ausschlag wieder her. Wichtig ist, dass der Ausschlag von negativer Elektrizität stets gleichzeitig mit dem hörbaren Krachen der Substanz erfolgt, und Beobachtung im Dunkeln zeigt, dass dieser Augenblick auch der maximaler Lichtentwicklung ist. Die Erscheinungen sind unabhängig von der Kondensation von Feuchtigkeit und Eisbildung an der Oberfläche.

Wesentlich anders verhält sich Urannitrat. Füllt man die Dose mit Krystallen, kühlt ab und lädt negativ, so bleibt die negative Ladung beim Entfernen der flüssigen Luft eine Weile ungestört bestehen. Erst wenn das prasselnde Knistern der zerspringenden Krystalle zu hören ist, fallen die Elektroskopblättchen momentan zusammen. Auch hier ist also das stärkste

1) Precht, Wied. Ann. 61, 330, 1897.
2) Riecke, Wied. Ann. 31, 889, 1887.

1) Vgl. Ebert u. Hofmann, Sitzgsber. Bayr. Ak. 30, 1—13, 1900.

Leuchten mit der elektrischen Störung gleichzeitig, aber der Sinn der Elektrisierung ist entgegengesetzt. Mit der Radioaktivität des Uransalzes hat die Erscheinung nichts zu thun. Fein pulverisiertes Urannitrat giebt nach Abkühlung keine plötzliche Abnahme einer negativen Ladung, überhaupt keine mit dem Auge unmittelbar wahrnehmbare Änderung am Elektroskope.

Durch starke Abkühlung kann man also bei gewissen Körpern Zersprengen des molekularen Gefüges verbunden mit lebhafter Tribolumineszenz und plötzlichen Potentialänderungen beobachten.

Dass ein Zusammenhang zwischen der Tribolumineszenz und der geschilderten Potentialänderung besteht, lässt sich, wenn auch in etwas weniger reiner Form, folgendermassen zeigen: auf eine grosse isolierte Metallplatte bringt man eine beträchtliche Menge Urannitratkrystalle und setzt darauf ein Porzellanpistill mit isolierender Handhabe. Die Platte wird mit einem Curieschen Elektroskope verbunden. Entladungszeit für 55 Volt im Mittel 53,3 Sekunden. Wird das Pistill bewegt, ohne die Krystalle zu zerdrücken, so tritt keine Änderung ein. Zerdrückt man die Krystalle, so erhält man eine mittlere Entladungszeit von 43,9 Sekunden für 55 Volt. Dass durch das Zerkleinern die strahlende Fläche grösser wird, ist kein stichhaltiger Einwand, denn man kann diese Veränderung sehr klein halten gegen die gesamte Fläche.

Wird ein Urannitratkrystall oder das Keton in Stanniol eingehüllt, so ist keine Änderung des Leuchtens beim Abkühlen zu bemerken; auch zeigen kleine Urannitratkrystalle, mit dem gleichen Volumen Magnesiumpulver vermischt, keine Verminderung der Tribolumineszenz.

Die der Voigtschen Theorie der Pyro- und Piëzoelektrizität zu Grunde liegenden Annahmen können von manchen der beschriebenen Erscheinungen eine ungezwungene Erklärung geben.

Hannover, Physik. Institut der Techn. Hochschule, 16. Juni 1902.

(Eingegangen 21. Juni 1902.)

Über durch Beugung und verwandte Ursachen in den Dünsten der rauchenden Schwefel- wie Salpetersäure hervorgerufene Lichterscheinungen.

Von K. v. Wesendonk.

Bei Gelegenheit einer Untersuchung über die Einwirkung rauchender Flüssigkeiten auf die elektrische Aktivität von Flammengasen, fand Verf. eine merkwürdige Verschiedenheit in dem Verhalten der Dünste, welche rauchender Salpetersäure und rauchender Schwefelsäure entstammen. [1]) Wenn beim Durchleiten der Verbrennungsprodukte durch die genannten Substanzen ein dichter Qualm entstand, so war das Leitvermögen jener nahezu zerstört, dabei erwies sich die rauchende Schwefelsäure noch als etwas wirksamer als die rauchende Salpetersäure.[1]) Wurden nun die Flammengase, bevor sie das Acidum nitricum fumans passierten, durch gewöhnliche reine Schwefelsäure geleitet, so entstand kein Qualm mehr, sondern nur ein mehr oder weniger mit nebligen Dünsten erfüllter gelbroter Dampf. Dabei blieb ein erheblicher Teil des Leitvermögens bestehen. Liess man erst dichten Qualm sich bilden und leitete alsdann diesen durch reine Schwefelsäure, so zeigte sich ebenfalls ein beträchtlicher Teil der elektrischen Aktivität als noch vorhanden. Nahm man dagegen entsprechende Manipulationen mit der rauchenden Schwefelsäure vor, so fand sich, dass ein durchsichtiger Rauch das Leitvermögen merklich ebensoweit aufhob, wie ein dichter opaker Qualm. Verf. hat bisher auf eine Erklärung dieser Erscheinung verzichtet, aber bereits gelegentlich darauf hingewiesen[2]), dass von den zufällig seiner Zeit wahrgenommenen Beugungsfarben einige Auskunft eventuell zu erwarten sei. Der Versuch indessen, in bekannter Weise angestellt, indem man durch einen mit dem betreffenden Rauch, Dampf, Qualm etc. angefüllten Glaskolben oder Flasche nach einem sehr hellen Lichtpunkte (wie Spiegelbild der Sonne in einem Uhrglase etc.) blickte, ergab zunächst nur wenig befriedigende Resultate. Es erschien daher zur Orientierung auf dem fraglichen Gebiete nützlich, zunächst einige der so schönen Experimente von Herrn Kiessling[3]) zu wiederholen, was mit gutem Erfolge gelang. Nunmehr wurden die Dämpfe der rauchenden Säure, wie sie sich von selbst bildeten, oder wie sie infolge eines die betreffenden Flüssigkeiten durchsetzenden Luft- oder Flammengasstromes[4]) entstanden, in ganz entsprechender Weise untersucht. Man blickte durch den erhaltenen Nebel resp. Dunst oder Dampf entweder direkt nach dem in einem Heliostaten sich zeigenden Sonnenbilde, oder nach einer sehr hell erleuchteten, in einem opaken Schirme passend angebrachten mit Pauspapier überzogenen Öffnung, oder man leitete die mit Hilfe zweier Linsen nahe parallel gemachten Sonnenstrahlen hindurch, oder verwendete endlich den von einer grossen Linse gelieferten (Sonnen-)Lichtkegel.

1) Naturw. Rundsch. **15**, 261, 1900; Beibl. **24**, 839, 1900.

1) Beide Substanzen wurden aus der Fabrik von Schering bezogen.

2) Diese Z. **2**, 517 u. 518, 1901.

3) J. Kiessling, Die Dämmerungserscheinungen etc., Hamburg, Leop. Voss, 1885, ferner die grössere Schrift desselben Verf.; Untersuchungen über Dämmerungserscheinungen, ebenda 1888.

4) Die Flammengase wurden von einem Aspirator angesogen und mit Eis gekühlt, wie Wied. Ann. **66**, 123, 1898 angegeben. Der dort gezeichnete Kolben *K K*, in dem der Qualm sich bildete, hatte (wie bei Kiessling) meist 10 Liter Inhalt.

In beiden letzteren Fällen war auch eine objektive Beobachtung ermöglicht, die bei den von Herrn Kiessling beschriebenen Versuchen sehr schön auszuführen waren. Zunächst zeigte sich deutlich ein ausgeprägter Unterschied zwischen den Exhalationen der beiden Säuren. Die Dünste, ebenso wie der fast durchsichtige Rauch, und der dichte Qualm, welcher rauchender Schwefelsäure entstammten, sie alle zeigten, von hellen Lichtstrahlen durchsetzt (besonders deutlich natürlich in einem intensiven Strahlenkegel oder Bündel), den Charakter eines Nebels, einer Ansammlung suspendierter feiner Teilchen: man hat stets eine Erscheinung vor sich, welche an den von den sogenannten Sonnenstäubchen gewährten allbekannten Anblick erinnert. Selbst mit Schwefelsäure getrocknete Luft giebt durch Acidum sulfuricum fumans getrieben noch einen solchen Dunst. Dieser passiert auch seinerseits wieder Schwefelsäure, ohne seine Konstitution zu verlieren, er wird höchstens etwas weniger dicht. Dabei besteht aber dieser über Schwefelsäure in einem Glaskolben aufgefangene neblige Dunst nicht etwa lediglich aus an und für sich in der (nicht filtrierten) Luft schwebenden Teilchen. Bläst man nämlich gewöhnliche Luft durch die Schwefelsäure hindurch in den betreffenden Glaskolben hinein, so verschwindet allmählich der Sonnenstäubchen-Anblick fast vollständig, kehrt aber sofort wieder, wenn die Luft (sogar getrocknet) [1]) rauchende Schwefelsäure passiert hat, bevor sie in den Glaskolben eintritt. Die Exhalationen, um die es sich hier handelt, scheinen in gewissem Sinne den Salmiaknebeln und ähnlichen Gebilden in ihrer Konstitution verwandt zu sein, sie zeigen denn auch sehr schön die sogenannte rote und blaue Sonne. Der dichte weissliche Nebel, wie ihn ungetrocknete Flammengase aus rauchender Schwefelsäure reichlich entwickeln, zeigt, wenn noch frisch, das Sonnenbild deutlich gelbrot, was auch objektiv zu konstatieren ist. Ein heller Strahlenkegel leuchtet auch innerhalb des Dunstes bereits rötlich, dagegen zeigt sein Eintrittsquerschnitt graublaue Färbung. Es wird also bläuliches Licht allem Anscheine nach reflektiert, was ganz den Rayleighschen Ansichten über die Entstehung des Abendrotes etc. entspricht. Die frischen Nebelteilchen sind eben in unserem Falle von sehr geringer Ausdehnung, sie geben noch keine eigentlichen Beugungsphänomene. Sehr bald ändert sich aber das Aussehen des Sonnenbildes ins Bläuliche und erscheint mit der Zeit entschieden blau. Jetzt wird aber nicht etwa rötliches oder gelbliches Licht an den Eintrittsstellen der Lichtstrahlen reflektiert, sondern diese sehen auch noch blau aus; die wohl allmählich grösser gewordenen Partikelchen wirken also nicht mehr nach der von Rayleigh geschilderten Art auf das Licht ein. Man hat es vielleicht schon mit einer Beugungserscheinung oder einem nahe verwandten Phänomen zu thun, denn die blaue Sonne [1]) zeigt sich durchaus nicht nur bei Nebeln und Staubwolken, die aus besonders kleinen Teilchen bestehen. Zur Demonstration der roten und blauen Sonne dürften übrigens die Nebel der rauchenden Schwefelsäure recht geeignet sein, da sie die betreffenden Erscheinungen sehr schön zeigen und leicht zu erhalten sind.

Mit der Zeit präsentiert sich das centrale Bild immer weisslicher, aber von einer bläulichen Scheibe umgeben, die ihrerseits wieder innerhalb einer sehr ausgedehnten, allerdings nur schwach leuchtenden grauroten Aureole liegt. Diese ist nur wenig scharf begrenzt, erscheint mehr als ein rötlicher Schimmer, der die blaue Centralerscheinung umgiebt. Dementsprechend sieht man denn auch in der Umgebung eines intensiven, den Nebel durchsetzenden Strahlenbündels den Nebel graurot leuchten, welche Färbung wiederum mit der Zeit in ein gesättigteres Rot sich umwandelt. Hand in Hand damit vergeht die blaue Färbung der mittleren Teile mehr und mehr, die Aureole erscheint kleiner und in gesättigterem Rot und schärfer begrenzt, das Centrum selbst ist dann weiss oder fast weiss geworden.

Nach einer von Herrn Hagenbach [2]) angegebenen Methode wurde eine ganz rohe Bestimmung des Winkeldurchmessers besagter Aureole ausgeführt, er ergab sich in einem vorgerückten Stadium der Entwicklung zu ca. 22^0. [3]) Das deutet auf relativ recht kleine Partikel hin, womit das langsame Herabsinken des Nebels gut harmoniert. Bei diesem Herabsinken sieht man deutlich, dass die Aureole nur soweit reicht, als der Nebel noch vorhanden, im oberen Teil des Glaskolbens erscheint eine diffraktionsfreie Zone, darunter der rötlich leuchtende Nebel, dessen Farbe die meiste Sättigung oben aufweist, von wo sie dann allmählich weiter nach unten fortschreitet, bis das ganze Gefäss in gesättigtem Rot leuchtet, soweit es dann überhaupt noch von Nebel erfüllt ist.

Die grösseren, schneller niedersinkenden Teilchen sind jedenfalls in diesem Schlussstadium bereits aus dem Dunste entfernt, das gesättigte Rot entspricht offenbar einem homogeneren Nebel.

Beugungsringe ausserhalb der Grenze der Aureole wurden nie bemerkt, auch war diese Aureole

---

1) Es soll damit nicht behauptet werden, dass nicht Spuren von Feuchtigkeit dazu doch noch erforderlich sind.

1) Vergl. Wesendonk, Naturw. Rundsch. 16, 573, 1901.

2) Müller-Peters, Kosmische Physik, Braunschweig 1894, 461.

3) Nach Pernter berechnet sich daraus der Durchmesser d der beugenden Teilchen aus $\frac{\sin 11^0 = 1,22 \,.\, 0,00057}{d}$ zu 0,00364 mm. Dies dürfte ungefähr den kleinsten Teilchen entsprechen, die im Nebel vorkommen und die im gesättigten Rot leuchten. Meteorolog. Zeitschr. 6, 401—9, 1889.

nur relativ wenig hell, so dass sie objektiv nur schwierig zu beobachten war[1]), während Kiesslings Diffraktionsbilder (Aureole und zwei Ringe) sehr gut objektiv in Erscheinung traten. Allem Anscheine nach hat man es hier (und ebenso bei den gleich zu erwähnenden Phänomenen der rauchenden Salpetersäure) mit einer wegen der zu grossen Ungleichheit der lichtbeugenden Teilchen auf die Aureole allein reduzierten Fraunhoferschen Ringerscheinung zu thun, wie dies Pernter und Mc Connel für den Bishopschen Ring gezeigt haben. Offenbar hat man den rauchartigen, nicht homogenen Nebel Kiesslings vor sich. (l. c. 37 u. 49. Vergl. Lemme, Naturw. Rundsch. 16, 623, 1901.)

Einigermassen verschieden hiervon ist das Verhalten der Exhalationen der rauchenden Salpetersäure. Diese liefert einen gelbroten Dampf, der durchgehendes weisses Licht ziemlich stark färbt, aber an sich durchaus nicht den Sonnenstäubchen-Anblick gewährt. Leitet man Flammengase in ungetrocknetem oder gar angefeuchtetem Zustande hindurch, so entsteht ein dichter Qualm von gelblich-weissem Aussehen, der aber Schwefelsäure kaum zu passieren vermag. Treibt man daher solchen Qualm durch Schwefelsäure oder auch trocknet man die Verbrennungsprodukte, bevor sie durch rauchende Salpetersäure perlen, so erhält man unter Umständen fast reinen gelbroten Dampf. Da es nun gerade neblige oder rauchartige, aus suspendierten Partikeln bestehende Dünste sind, welche die Aktivität der Luft aufzuheben so sehr geeignet erscheinen, so erklärt sich hieraus die oben erwähnte Verschiedenheit in dem Verhalten der beiden rauchenden Säuren. Die Exhalationen des Acidum sulfuricum fumans sind eben auch im durchsichtigen Zustande noch reich genug an darin schwebenden (nicht gasförmigen) Teilchen, um die Leitfähigkeit der Luft fast ganz aufzuheben, während der mit Nebel etc. nur wenig erfüllte Dampf des Acidum nitricum fumans jedenfalls von viel geringerer Wirkung ist. Die der herrschenden Anschauung gemäss von dem Nebel resp. den suspendierten Teilchen festgehaltenen Ionen resp. Elektronen werden eben wieder zum grossen Teile frei, wenn der Qualm Schwefelsäure durchströmt, in welcher dieser zwar zerstört wird, nicht aber jene untergehen. Daher vermögen sie denn die Leitfähigkeit der Luft mehr oder minder wieder herzustellen. Der Qualm sinkt ziemlich schnell zu Boden, besteht also wohl aus relativ grossen Partikeln. Die rotbraune Sonne ist hierbei nicht zu beobachten, vielmehr erscheint in dem dichten, durcheinander wirbelnden ganz frisch entwickelten Nebel (unter Umständen sehr schön wahrnehmbar) gleich die blaue Sonne. Die Erscheinung war am besten in einem kleineren Glaskolben zu sehen, der sich mit sehr dichtem, in starker Strömung befindlichen Qualm leicht erfüllen liess, der dann auch von einem hellen Strahlenkegel oder -Bündel durchsetzt schon in seinem Innern blau leuchtete. Sowohl nach dem Sonnenbilde im Heliostaten, wie besonders dem intensiven Strahlenkegel einer grossen Linse entlang blickend, gewahrt man sehr deutlich die blaue Erscheinung, die sich auch objektiv zeigt.

1) Allerdings wurden die objektiven Darstellungen nicht in einer Dunkelkammer versucht, sondern nur in einem etwas verdunkeltem Raume.

Hinderlich für die gute Ausbildung des Phänomens ist die gelbliche Färbung des Qualmes, die sich bei den Versuchen über rauchende Salpetersäure stets geltend macht. Hört man mit dem Entwickeln von Nebel auf, so geht denn auch die blaue Sonne bald in eine gelbliche[1]) über, um die sich herum ein graurötlicher Schimmer lagert, der sich bald zu einer roten Aureole verdichtet, die schnell an Durchmesser abnimmt, bis er schliesslich etwa 12° 30′ beträgt.[2]) Die nächste Umgebung des gelblichen Centrums erscheint bläulich, besonders bei noch frischerem Nebel, dann folgt wohl eine Art Purpur und ein gelblicher Saum, den unter Umständen bei genügender Helligkeit des Phänomens noch ein roter umgiebt. Die Aureole lässt sich auch objektiv gut beobachten, Beugungsringe dagegen zeigten sich weder subjektiv noch objektiv. Nur soweit Nebel noch im Glaskolben vorhanden, erscheint eine Aureole, der blosse, wenn auch stark gefärbte Dampf giebt keine solche. Eine Schichtung im Nebel von oben nach unten tritt ein wie bei der rauchenden Schwefelsäure und ist besonders daran zu erkennen, dass die Aureole, unten hindurchgesehen, kleiner erscheint als oben, offenbar weil die grösseren Nebelteilchen schneller zu Boden sinken. Will man die Wandlungen der Aureole studieren, so thut man übrigens gut, nicht zu dichten Nebel zu entwickeln, da er sonst zu opak wird und es dann leicht zu lange dauert, bis man die Beugungserscheinungen beobachten kann. Alsdann ist aber die Umänderung des frischen Nebels schon zu weit vorgeschritten, um noch eine ausgedehnte Aureole zu geben. Erwähnt sei endlich, dass bei beiden rauchenden Säuren die sogenannte grüne Sonne nicht zur Beobachtung kam.

1) Die natürlich mit der rotgelben sonst erwähnten nicht zu verwechseln ist.

2) Nach Pernter entspricht dem ein Durchmesser der Teilchen = 0,00638 mm.

Berlin, den 13. Juni 1902.

(Eingegangen 13. Juni 1902.)

Notiz über Spitzenentladungen durch Teslaströme.

Von K. v. Wesendonk.

Die interessante Dissertation des Herrn Möhlmann [1]), welche mir freundlichst zur Verfügung gestellt wurde, veranlasst mich zu einigen Bemerkungen, die ich mir hiermit kurz darzulegen gestatte.

Bei statischer Ladung ist zwischen einer Spitze und Platte in Luft cet. par. der negative Strom besonders bei geringen Entfernungen der beiden Elektroden erheblich überwiegend. Bei alternierender gleicher Ladung einer Spitze würde man also ein Überwiegen der entladenen negativen Elektrizitätsmengen erwarten müssen, gerade, wenn die auffangende Platte nahe steht. Es scheint mir demnach, dass doch in dem Wechselzustande eine Besonderheit liegen muss, welche in erster Linie die positiven Teslaausströmungen bedingt.[2]) Zeigen ja doch auch abgeleitete Drähte, die von negativen Entladungen durchsetzt werden, positive Seitenentladungen [3]), obwohl also nur eine direkte negative Elektrisierung stattfand, nicht eine abwechselnd positive und negative wie sonst bei Teslaversuchen. Bei solchen Seitenausströmungen fand ich seiner Zeit mit einem Exnerschen Elektrometer, dass bei grösserem Abstande Spitze—Platte an letzterer negative Entladungen auftraten. Unter anderen Umständen zeigte sich keine negative Elektrizität mehr [4]), auch nicht mit einer ausgeschnittenen Scheibe, wie sie Herr Knoblauch angewandt. Umgab die auffangende Elektrode die Spitze völlig, so erhielt man auch noch positive Ladungen, es konnte also die negative Ausströmung nicht lediglich an dem auffangenden Teile vorübergegangen sein. Ich habe nun ferner mit einem Teslatransformator, wie ihn einst Herr Himstedt beschrieben [5]), einige Experimente angestellt. Auch hier erhielt ich Ausstrahlungen, die mit dem Exnerschen Elektrometer untersucht, nur positive Ladungen hervorbrachten, soweit überhaupt welche nachzuweisen waren. Wenn die Spitze frei in den Luftraum ausströmte, ergab weder eine seitlich aufgestellte Platte oder Sonde aus Draht oder Flammenkollektor noch eine ringförmig ausgeschnittene Scheibe negative Elektrizität. Stellte man aber relativ nahe vor die Spitze eine abgeleitete Scheibe, alsdann fand sich an seitlich angebrachten Auffangeapparaten sehr deutliche negative Ladung, ebenso wie an einer Ringscheibe. Hier war also in der That der centrale, überwiegend positive Strom gleichsam von einer negativen Hülle umgeben. Führte man aber die Spitze in ein isoliert aufgestelltes Metallgefäss ein, so nahm dieses doch wieder eine positive Gesamtladung an. Es wird also auch hier mehr posisive Elektrizität entladen als negative, im Gegensatze zu dem Verhalten bei statischen Ladungen.

Berlin, den 18. Juni 1902.

(Eingegangen 19. Juni 1902.)

1) A. Möhlmann, Über Ausstrahlung hochgespannter Wechselströme von hoher Frequenz aus Spitzen. Inaug.-Diss. Freiburg i. Br., Speyer & Kaerner, 1901. Man vergl. übrigens Nichols, Phil. Mag. **31**, 123, 1891.

2) Höhere Spannungen können allerdings fördernd wirken, wie z. B. bei unseren Versuchen zu kleine Funkenstrecken ungünstig sind, aber der positive Teslaeffekt tritt auch bei recht kleinen Potentialen noch ein, wie in Naturw. Rundsch. **10**, 401 u. f., 1895, gezeigt.

3) Wesendonk, Wied. Ann. **66**, 341—345, 1898.

4) Mit Exnerschem Elektrometer. Es wurde dies konstatiert bei Gelegenheit der Versuche, welche in dieser Z. **2**, 529—30, 1901, beschrieben sind. Die Influenzmaschine war dabei nur mit ihren eigenen Verstärkungsflaschen verbunden.

5) Wied. Ann. **52**, 476, 1894.

Eine zerlegbare Tangentenbussole.

Von E. Grimsehl.

Die im folgenden beschriebene Tangentenbussole ist aus dem Wunsche entstanden, die Eichung einer Tangentenbussole ohne Ableitung des mathematischen Gesetzes vorzunehmen, daher ist die Bussole in erster Linie für den Elementar-Unterricht bestimmt, doch glaubt Verfasser, den Apparat auch weiteren Kreisen der Physiker bekannt geben zu können, da sich die beiden bei der Bussole ausgeführten Eichungsmethoden auch wohl auf mancherlei andere Apparate anwenden lassen werden.

Beschreibung des Apparates: Als wesentliches Merkmal ist bei dem Apparate das anzusehen, dass der kreisförmige Leiter von dem Gehäuse mit Magnetnadel, also von der eigentlichen Bussole losgelöst ist. Daher ist es möglich, den Leiter ohne Bussole und die Bussole ohne Leiter zu benutzen. Ferner aber kann man den einfachen Kreisleiter durch einen doppelten Kreisleiter von denselben Dimensionen ersetzen.

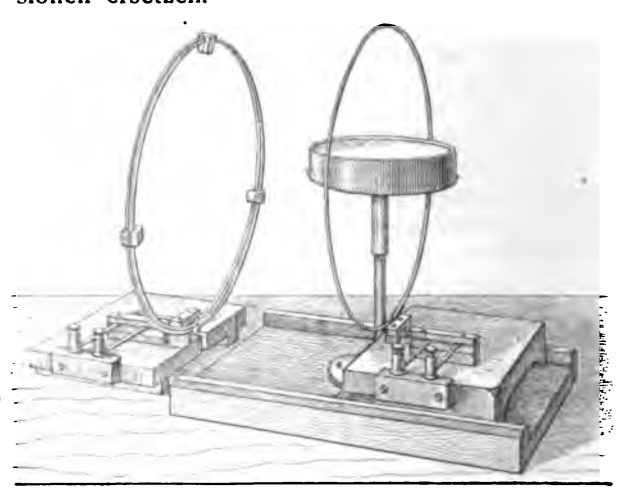


Fig. 1.

Demgemäss besteht die Tangentenbussole aus einem Grundbrett von 18×24 cm Grösse, in dessen Mitte eine Messingsäule von 12 cm Höhe unverrückbar befestigt ist, welche an ihrem oberen Ende eine Bussole gebräuchlicher Art mit spiegelnder Grundplatte, kurzer Magnetnadel und senkrecht dazu stehenden Aluminiumzeigern, die über einer in ganze Grade eingeteilten Gradteilung spielen, trägt. Das Grundbrett ist an den Längsseiten mit zwei schmalen Leisten versehen, die als Führung für die aufzusetzenden Kreisleiter dienen. In der Mitte der Leisten sorgt ein Anschlag dafür, dass die Leiter genau an einer vorgeschriebenen Stelle stehen.

Von den beiden benutzten Kreisleitern ist der eine einfach, der andere doppelt. Beide haben einen Radius von 10 cm. Sie endigen in zwei Zuleitungsklemmen, die seitlich nebeneinander so angebracht sind, dass die Zuführungsleitungen möglichst wenig Einfluss auf die Magnetnadel haben. Jeder der beiden Kreisleiter ist auf einem Brette von 10×15 cm Grösse mittels Fiberstreifen befestigt. Die Grösse der Bretter ist so bemessen, dass sie genau zwischen die Führungsleisten des grossen Grundbrettes passen und dass sie bis zum Anschlag vorgeschoben, die Leiter in eine Stellung bringen, wo Mittelpunkt der Magnetnadel und Mittelpunkt des Kreisleiters zusammenfallen.

Wenn beide Kreisleiter auf dem Grundbrette stehen, so liegen sie unmittelbar aneinander, sind aber vor leitender Berührung durch kleine Fiberstückchen, die auch die beiden Kreise des Doppelleiters voneinander trennen, voneinander isoliert. Die Zuleitungsklemmen sind so angebracht, dass bei gleichzeitiger Aufstellung beider Kreisleiter die Klemmen auf derselben Seite des Apparates liegen. Die Figur 1 zeigt die Tangentenbussole mit dem aufgesetzten einfachen Leiter, während der Doppelleiter getrennt davon neben der Bussole steht.

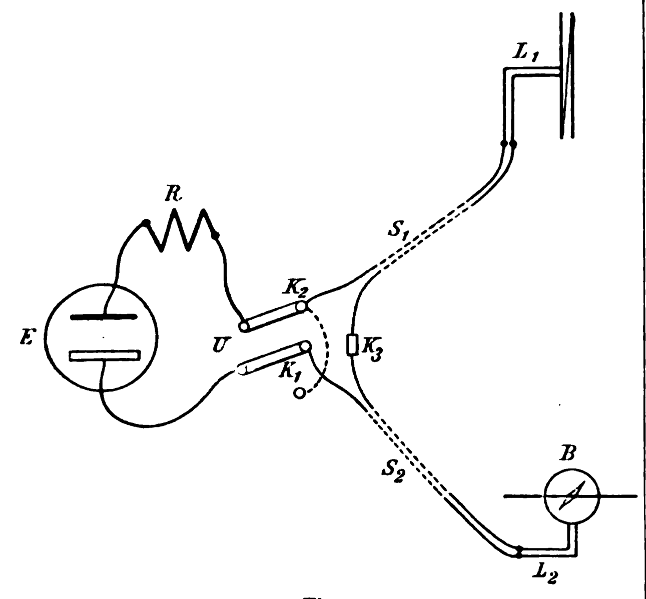


Fig. 2.

Erste Art der Eichung (Multiplikationsmethode): Fig. 2 zeigt das Schema der Schaltung. Die beiden Pole einer konstanten Stromquelle E (eines einzelnen Akkumulators) sind einerseits mit der einen Zuleitungsklemme eines Umschalters U, andererseits mit dem Rheostaten R verbunden. Die freie Klemme des Rheostaten ist mit der zweiten Zuleitungsklemme des Umschalters verbunden. Zwischen den beiden Ableitungsklemmen K_1 und K_2 des Umschalters sei noch die Verbindungsklemme K_3 angebracht. Nun wird K_1 und K_3 durch eine ungefähr 2 m lange Doppelleitungsschnur S_1 mit den Klemmen des einfachen Kreisleiters L_1 verbunden, ebenso K_2 und K_3 durch eine ebensolche Doppelleitungsschnur S_2 mit den Klemmen des doppelten Kreisleiters L_2. Bei dieser Anordnung fliesst daher ein vom Akkumulator E ausgehender und durch R regulierter Strom hintereinander durch die Leitungen L_1 und L_2. Man kann also sicher sagen, dass die in L_1 und L_2 fliessenden Stöme absolut genau gleich sind. Wenn nun der stromdurchflossene Leiter L_1 eine gewisse magnetische Wirkung hervorruft, so ruft der Leiter L_2, an dieselbe Stelle gebracht, eine Wirkung hervor, die von der doppelten Stromstärke herrührt; bringt man beide Leiter L_1 und L_2 an dieselbe Stelle des Raumes, so entspricht die gemeinsame Wirkung der beiden Leiter der dreifachen Stromstärke.

Nachdem man die Bussole B nach dem magnetischen Meridian orientiert hat, stelle man den einfachen Leiter um die Bussole, schliesse den Strom und schalte so viel Widerstand ein, dass die Ablenkung 6^0 erzeugt wird. Der Doppelleiter steht vom selben Strome durchflossen seitlich in 3—4 m Entfernung, so dass er keinerlei Wirkung auf die Magnetnadel ausübt. Nun nehme man den Leiter L_1 fort und stelle L_2 an dessen Stelle, ohne aber an der Einstellung von R irgend etwas zu ändern. Jetzt erfolgt, durch die doppelte Stromwirkung hervorgerufen, die Ablenkung von $11\frac{1}{2}^0$. Endlich stelle man, wieder ohne an der Stromstärke etwas zu ändern, L_1 und L_2 gleichzeitig an die Bussole. Die dreifache Stromstärke erzeugt jetzt die Ablenkung 17^0. Tabellarisch zusammengestellt ergiebt sich:

Stromstärke	Ablenkung
1	6^0
2	$11\frac{1}{2}^0$
3	17^0.

Zur Kontrolle und zum Ausgleich von Beobachtungsfehlern kann man dieselbe Versuchsreihe mit umgekehrter Stromrichtung noch einmal wiederholen.

Nun mache man eine zweite Versuchsreihe.

Man stelle den einfachen Stromleiter wieder an die Bussole und entferne den Doppelleiter. Darauf reguliere man R so, dass der Leiter L_1 allein die Ablenkung $11^1/_2{}^0$ hervorruft. Vertauscht man darauf den einfachen Leiter mit dem Doppelleiter, ohne etwas an der Stromstärke zu ändern, so ruft L_2 die Ablenkung 22^0 und die beiden Leiter L_1 und L_2 zusammen die Ablenkung 31^0 hervor. Offenbar ist bei der ganzen zweiten Versuchsreihe die Stromstärke doppelt so gross gewesen, wie bei der ersten Versuchsreihe, daher rührt die Ablenkung $11^1/_2{}^0$, 22^0, 31^0 von den Stromstärken: 2, 4, 6 her. Die Beobachtungsresultate werden der Tabelle aus der ersten Versuchsreihe zugefügt. Eine dritte Versuchsreihe beginnt damit, dass man den Strom mittels R so einreguliert, dass der Leiter L_1 allein die Ablenkung 17^0 erzeugt. Es herrscht jetzt im ganzen Stromkreise die Stromstärke 3 (wie sich aus den Beobachtungen der ersten Versuchsreihe ergiebt). Die von L_1 allein, von L_2 allein und von L_1 und L_2 zusammen erzeugten Ablenkungen werden abgelesen. Die Resultate sind, dass den Stromstärken 3, 6, 9 die Ablenkungen 17^0, 31^0, 42^0 entsprechen. Eine vierte Versuchsreihe beginnt mit der Ablenkung 22^0 beim einfachen Leiter. Die Versuchsresultate sind: die Stromstärken 4, 8, 12 bringen die Ablenkungen 22^0, $38^1/_2{}^0$, $48^1/_2{}^0$ hervor.

In derselben Weise fortfahrend erhält man alle Stromstärken, die durch solche Zahlen ausgedrückt werden, die die Faktoren 1, 2 und 3 haben.

Folgende Tabelle enthält alle nach diesem Verfahren messbaren Stromstärken von 1 bis 64 mit den zugehörigen Ablenkungen:

Stromstärke	Ablenkung
1	6^0
2	$11^1/_2{}^0$
3	17^0
4	22^0
6	31^0
8	$38^1/_2{}^0$
9	42^0
12	50^0
16	58^0
18	61^0
24	$67^1/_2{}^0$
27	$69^1/_2{}^0$
32	73^0
36	$74^1/_2{}^0$
48	78^0
54	$79^1/_2{}^0$
64	81^0.

Diese Beobachtungsresultate benutzt man dann zur Konstruktion einer Kurve, bei der die Ablenkungen die Abszissen und die zugehörigen Stromstärken die Ordinaten sind. Die beobachteten Werte ergeben hinreichend nahe liegende Punkte, um die Kurven mit grösster Sorgfalt auszeichnen zu können.

Fig. 3 zeigt die nach den Beobachtungen gezeichnete Kurve. Die beobachteten Punkte sind durch kleine Kreuze angedeutet. Die Kurve ist natürlich nichts anderes als die Tangenten-

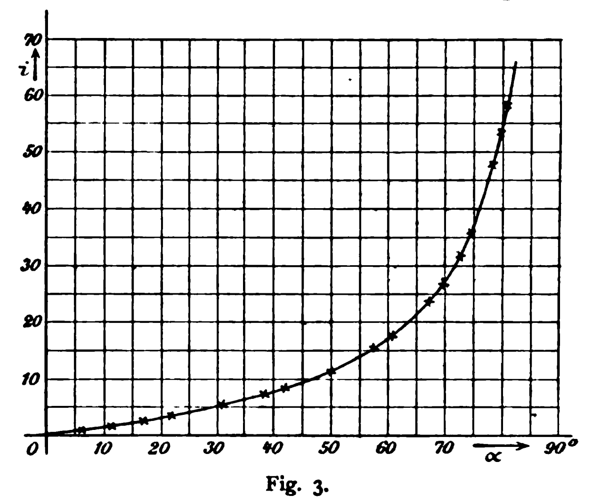


Fig. 3.

kurve, aber es ist bemerkenswert, wie genau die auf diesem empirischen Wege gezeichnete Kurve mit der errechneten Tangentenkurve übereinstimmt. Die Wahl des Anfangswinkels von 6^0 ist damit begründet, dass $tg\, 6^0$ nahezu gleich 0,1 ist. Natürlich kann man auch jeden anderen Anfangswert benutzen.

Man kann jetzt die gezeichnete Kurve unmittelbar benutzen, um die Stromstärke eines unbekannten Stromes, der eine beobachtete Ablenkung erzeugt, direkt abzulesen. Will man die Stromstärke nicht durch die bei den Eichungsversuchen willkürlich gewählte Einheit ausdrücken, sondern z. B. in Ampère, so braucht man nur durch eine oder einige Beobachtungen mit bekannten Stromstärken den Reduktionsfaktor durch den Versuch zu bestimmen, wenn man ihn nicht mittels der Formel $\frac{5rH}{\pi}$ berechnen will. Im vorliegenden Falle beträgt der Reduktionsfaktor für $H = 0,2$ und $r = 10$ cm $R = 3,18$.

Zweite Art der Eichung (Additionsmethode):

Fig. 4 zeigt das Schaltungsschema dieser Eichungsmethode. Ein wesentlicher Unterschied derselben gegenüber der ersten besteht darin, dass man hierzu zweier unabhängiger Strom-

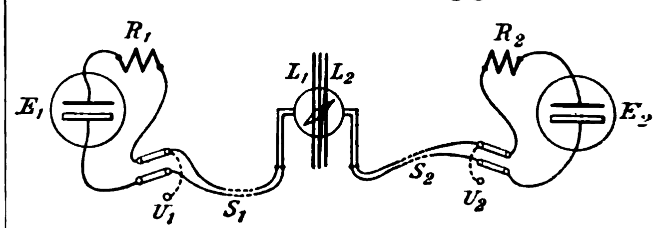


Fig. 4.

kreise bedarf, von denen der eine durch einen Rheostaten regulierbar den Leiter L_1, der andere ebenfalls regulierbar den Leiter L_2 durchfliesst. Hierbei stehen beide Kreisleiter gleichzeitig an der Bussole.

Die Stromquelle E_1 steht durch den Rheostaten R_1, den Umschalter U_1 und die Doppelleitungsschnur S_1 mit dem Leiter L_1 in dauernder Verbindung. Ebenso fliesst der von E_2 ausgehende Strom durch den Rheostaten R_2, den Umschalter U_2, die Doppelschnur S_2 und den Doppelleiter L_2.

Diese zweite Eichungsmethode erinnert entfernt an die von Kolbe angewandte Methode der Eichung eines Galvanometers, insofern zu der Wirkung eines Stromkreises immer derselbe konstante Summand hinzugefügt wird[1]), weicht aber darin wesentlich von der Kolbeschen Methode ab, dass kein Hilfsmagnet angewandt wird, sondern dass die Summierung der Stromwirkungen durch elektrische Ströme hervorgerufen wird, die genau an der Stelle wirken, an der beim Gebrauch auch die zu messenden Ströme die Ablenkungen hervorrufen.

Zur Ausführung der Eichung schliesst man den Strom I und reguliert den Rheostaten so, bis der Kreisleiter L_1 wieder die Ablenkung 6^0 erzeugt. Nun öffnet man Stromkreis I ohne an der Stellung von R_1 irgend etwas zu ändern und schliesst Strom II. Auch hier reguliert man R_2 so lange, bis L_2 die Ablenkung 6^0 erzeugt.

Schliesst man jetzt beide Stromkreise, doch so, dass die beiden Ströme die Kreisleiter im entgegengesetzten Sinne durchfliessen, so darf kein Anschlag erfolgen, wenn beide Stromwirkungen gleich sind. Durchlaufen aber beide Ströme die Kreisleiter in derselben Richtung, so wird die Ablenkung $11^1/_2{}^0$ hervorgerufen. Diese Ablenkung wird also durch die doppelte Stromwirkung erzeugt, wie die Ablenkung von 6^0. Nur erzeugt man die Ablenkung von $11^1/_2{}^0$ durch Stromkreis II allein, indem man I öffnet und den Widerstand von R_2 passend verändert. Darauf schliesst man I auch. Die jetzt vorhandene dreifache Stromstärke erzeugt 17^0 Ablenkung. Dann wird diese Ablenkung wieder allein durch den Strom II bewirkt und darauf die Wirkung des immer noch unveränderten Stromes I hinzugefügt. So fortfahrend kann man allmählich die Wirkung jeder beliebigen Stromstärke ablesen. Ist man zu grösseren Stromstärken gekommen, so würde die stetige Addition des Stromes „eins" ermüdend werden. Man kann aber nun unter Benutzung der aus den ersten Versuchen bekannten Ablenkungen auch den Strom I auf irgend eine beliebige andere, früher beobachtete Stärke bringen, und demnach als willkürlichen Summanden eine grössere Zahl auswählen. Durch Umschalten der Stromrichtung von I kann man sogar einen Subtrahenden einführen, hat es also ganz in der Hand, an irgend einer beliebigen Stelle grosse, an einer anderen kleine Intervalle einzufügen. Die Beobachtungsresultate werden dann genau wie bei der ersten Eichungsmethode tabellarisch geordnet und zur Konstruktion einer Ablenkungskurve benutzt. Auch diese Additionsmethode ergiebt Resultate, die genau mit der Abhängigkeit $i = R \cdot tg\alpha$ übereinstimmen, solange man innerhalb der Grenzen bleibt, für welche das Gesetz noch gilt.

1) Koble, Einführung in die Elektrizitätslehre II, S. 67.

Schlussbemerkung: Die erste Methode der Eichung mit einem Stromkreise hat den Vorzug grösserer Genauigkeit, da man mehr als bei der zweiten Methode von den Schwankungen der Stromquellen unabhängig ist, weil man nur eine Stromquelle hat. Die zweite Methode zeichnet sich dadurch aus, dass sie anwendbar ist auf jedes Galvanometer, das zwei getrennte Wickelungen besitzt, also z. B. auf ein Differentialgalvanometer oder ein Vorlesungs-Wagegalvanometer mit zwei Wickelungen. Aber auch wenn nur eine Wickelung vorhanden ist, kann man leicht auf der vorhandenen Wickelung eine Hilfswickelung anbringen, die als konstanter Summand benutzt werden kann.

Die Eichung nach der Additionsmethode hat vor der Kolbeschen Eichungsmethode den Vorzug, dass bei der ganzen Versuchsreihe die Form des magnetischen Feldes immer unverändert dieselbe bleibt. Bei der Kolbeschen Methode kann man zwar erreichen, dass die Feldstärke, die ein Stromkreis erzeugt, an einem bestimmten Punkte gleich der Feldstärke ist, die von einem oder zwei Hilfsmagneten hervorgerufen ist. Dann stimmen aber gewiss wegen der Formverschiedenheit der beiden Felder die Feldstärken in einem benachbarten Punkte nicht mehr überein. Deshalb ist der durch die veränderte Stellung der Magnetnadel bei grösserer oder geringerer Ablenkung bedingte Ortsunterschied auch mit einem Unterschied in der Feldintensität verbunden. Diese Verschiedenheit kommt aber bei den oben ausgeführten Eichungsverfahren vollkommen in Wegfall, da die Form des Feldes stets ungeändert bleibt.[1])

1) Der Apparat ist von der optisch-mechanischen Firma A. Krüss-Hamburg, Adolphsbrücke, nach meinen Angaben gebaut und auch von dort zu beziehen.

(Eingegangen 2. Juni 1902.)

Mitteilungen aus dem physikalisch-mechanischen Institute von Prof. Dr. M. Th. Edelmann.

No. 1: M. Edelmann, Ein neuer Schulkompensator.

Die vielfache Verwendung des Kompensators, welche derselbe in neuerer Zeit in der Praxis

findet, liess es wünschenswert erscheinen, einen solchen speziell für Schulzwecke zu bauen. Hauptmomente hierbei sind natürlich Übersichtlichkeit, Billigkeit und universelle Anwendungsmöglichkeit.

Ich möchte zunächst eine kurze Beschreibung des Apparates, den Fig. 1 in Ansicht zeigt, geben. Er besteht im wesentlichen aus 37

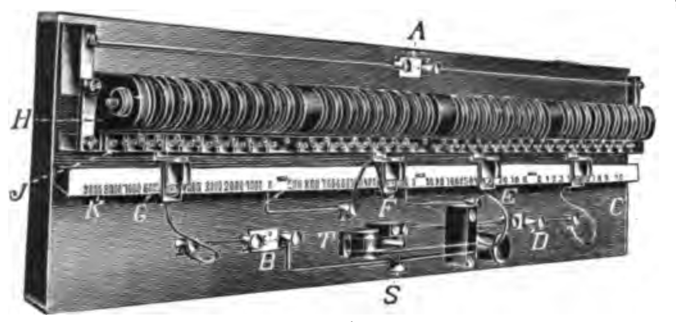


Fig. 1.

hintereinander geschalteten Widerstandsrollen, nämlich 9×1000, 9×100, 9×10 und 10×1 Ohm, also in Summa 10000 Ohm. Jeweils Anfang und Ende zweier benachbarter Widerstände sind an einen Messingklotz gelegt, über welche Messingklötze der Schleifkontakt zur Einstellung des benötigten Wertes gleitet. Jede Dekade bezw. Nonade wird von einem eigenen Schieber, nämlich C, E, F und G bedient. Hierdurch wird der für den Stromkreis der kleineren E. M. K. zu wählende Widerstand variiert. Die zwei mittleren Schieber F und E schliessen je nach Bedarf Teile der Gesamtsumme von 10000 Ohm kurz, worauf, wie später ausgeführt werden soll, wohl zu achten ist. Bei A wird die grössere E. M. K., bei B die kleinere eingeschaltet. S ist ein Stromschlüssel für E^2, welcher bei Lage des Riegels T wie in der Figur nur durch 10000 Ohm schliesst. Erst nach Umlegen von T nach links kann man den Strom durch Null schliessen, wobei der Schlüssel aber immer gezwungen ist, zuerst den Kontakt 10000 zu berühren. Dadurch wird der Beobachter sofort gegebenenfalls aufmerksam gemacht, dass die Kompensation noch lange nicht erreicht ist, während das Galvanometer nicht unnötig in Unruhe gerät. Das Galvanometer wird bei D angeschlossen. Auf der Figur unsichtbar ist auf der rechten Seite noch ein Schraubstromschlüssel für die E. M. K. E^1 angebracht. H ist eine Brücke aus Messing, an deren Stelle ein eventuell erforderlicher Ergänzungswiderstandssatz eingeschaltet werden kann. Der ganze Apparat ist auf ein Mahagonibrett von 89 cm Länge und 22 cm Breite mit Hartgummifüssen montiert. Sämtliche Leitungen sind offen und übersichtlich nach dem in den Schulen gebräuchlichen Schaltungsschema angeordnet. Der Apparat gestattet sämtliche gebräuchlichen Kompensationsmethoden, sowie Verwendung als Regulierwiderstand und dürfte nicht nur für Schulen ein äusserst instruktives Hilfsmittel, sondern auch für das Gebrauchslaboratorium ein willkommener Messapparat sein.

Bekanntermassen unterscheidet man zwischen einfacher und doppelter Kompensation, d. h. man kompensiert eine als Normale gedachte E. M. K. direkt oder indirekt unter Vermittelung einer konstanten Hilfsbatterie gegen eine unbekannte, also zu bestimmende E. M. K. Von den Weiterungen, die sich aus diesen Messungen ergeben, wie z. B. Eichung von Strom- und Spannungsmessern, will ich Abstand nehmen.

I. Einfache Kompensation.

Man schaltet die grössere E. M. K. an einen Gesamtwiderstand, längs dessen man in widerstandsvariabler Weise die zweite E. M. K. gleichfalls parallel unter Vorschaltung eines Galvanometers legt. Findet bei Stromschluss kein Ausschlag des Galvanometers statt, dann gilt die Beziehung:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{R_1}{R_2},$$

wobei unter R_1 der zu E_1 und unter R_2 der zu E_2 parallel gelegte Widerstandswert gedacht ist. Der Apparat wird nach Schaltung Fig. 2

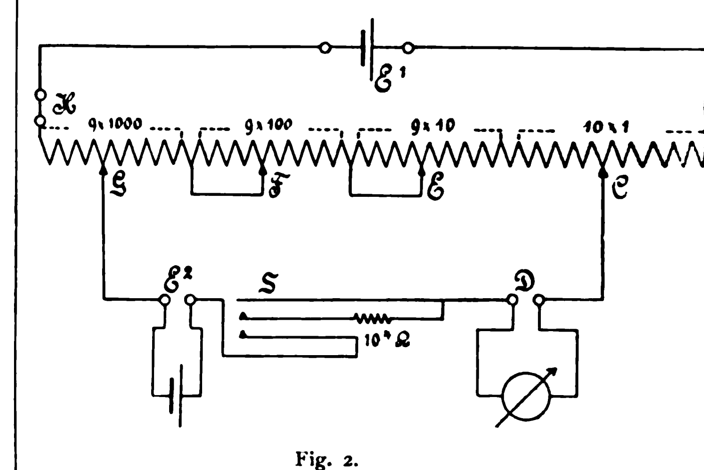


Fig. 2.

hierbei benützt. Beim numerischen Einsetzen des Wertes von R_1 ist der von den Schiebern E oder F kurzgeschlossene Widerstand von 10000 Ohm natürlich in Abzug zu bringen, während R_2 den direkt unter den Schieberausschnitten erscheinenden Wert darstellt. Steht Schieber E und F auf 0, dann sind von 10000 Ohm 900 bezw. 90 Ohm, bei Stellung 100 oder 10 800 bezw. 80 Ohm, bei Stellung 200 oder 20 700 bezw. 70 Ohm abzuziehen u. s. w.

Eine ausgeführte Kompensation eines Clark-Elementes gegen zwei Columbus-Trockenelemente

ergab unter Anwendung von Interpolation der Zehntel-Ohm folgende Resultate:

Schieberstellung	Ausschlag
4322	22 mm rechts
4323	3 „ links,

woraus sich als Kompensationswert ergiebt: $R_2 = 4322,88$ Ohm. R_1 rechnet sich dann wie folgt: Schieber G und C schliessen keine Werte kurz, also verbleiben zunächst 9010 Ohm. Schieber E stand auf 20, schloss also 70 Ohm kurz. Schieber F stand auf 300, schloss also

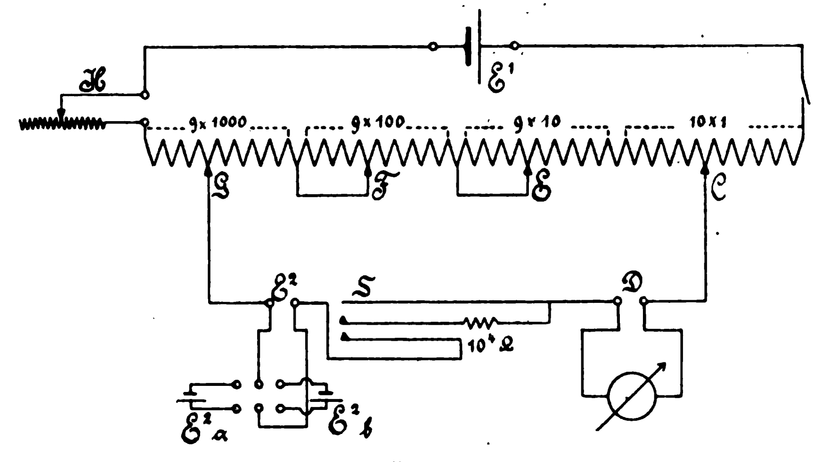


Fig. 3.

600 Ohm kurz. Es sind demnach also von 10000 Ohm 670 Ohm in Abzug zu bringen; mithin ist $R_1 = 9330$ Ohm. Die Berechnung von E_1 ergiebt alsdann (das Clark-Element hatte 17^0 C.) $E_1 = 3,08$ Volt. Mit dieser einfachen Kompensation wird man den Schüler zwecks Erklärung der Methoden überhaupt, sowie des Apparates als solchen beginnen lassen.

II. Doppelte Kompensation.

Diese beruht darauf, dass man eine bekannte E. M. K. (E^2a) gegen eine Hilfsbatterie (E^1) und diese wiederum gegen eine unbekannte E. M. K. (E^2b) kompensiert. Es ergiebt sich dann:

$$\frac{E^1}{E^2a} = \frac{R_1}{R_2}$$

und

$$\frac{E^1}{E^2b} = \frac{R_1}{R_3},$$

woraus

$$\frac{E^2a}{E^2b} = \frac{R_2}{R_3}.$$

Diese Beziehung gilt aber nur, wenn für beide Messungen R_1 und E^1 konstant geblieben sind.

Deshalb nimmt man für E^1 Akkumulatoren oder gute Trockenelemente. R_1 wird dadurch konstant erhalten, dass man in einem bei H einzuschaltenden Rheostaten die Werte ergänzend zuschaltet, welche durch die Schieber E und F kurz geschlossen werden. Dadurch bleibt dann R_1 immer gleich 10000 Ohm. Diese Anordnung erläutert dem Schüler in augenscheinlichster Weise die Schaltung der Gebrauchskompensatoren mit automatischer Konstanthaltung von R_1 durch Doppelkurbel. Was also durch E und F ab- bezw. kurzgeschaltet wird, muss bei H

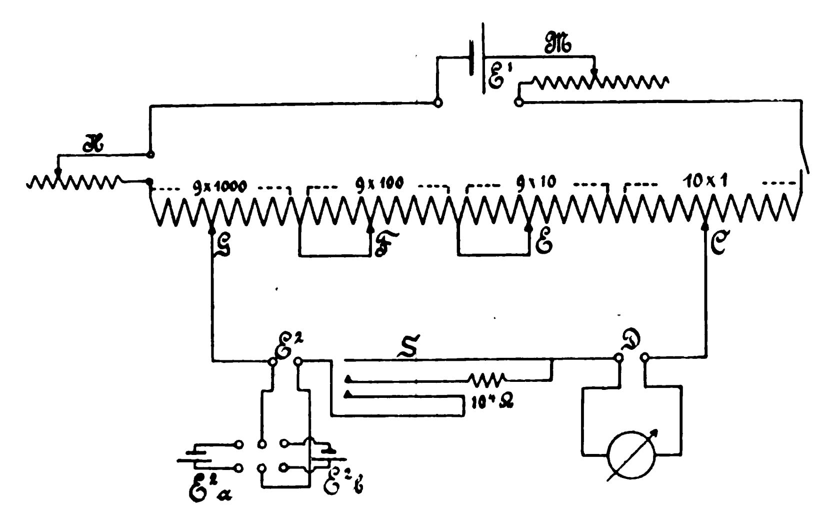


Fig. 4.

zugeschaltet werden. Schaltungsschema Fig. 3 zeigt die Anwendung des Apparates hierzu. Bei E^2 schalte man einen Quecksilberkommutator an, welcher die Vertauschung des Normalelementes mit der unbekannten E. M. K. gestattet.

Eine ausgeführte Kompensation von Weston-Element gegen Clark-Element (17°) ergab folgende Resultate:

Element	Schieberstellung	Ausschlag	Interpolierter Wert
Weston	6562	7 mm links	6561,22
	6561	2 „ rechts	
Clark	9223	15 „ links	9222,25
	9222	5 „ rechts	

E. M. K. des Clark-Elements = 1,432 Volt.

III. Kompensation bei direkter Ablesung.

Für den praktischen Gebrauch eicht man den Kompensator meist vorher aus, um direkt an demselben ohne weitere Rechnung die Spannungswerte ablesen zu können. Zu diesem Zwecke dient Schaltungsschema Fig. 4. Man schaltet vor E^1, das hier ca. 10—12 Volt betragen muss, einen Regulierwiderstand M. Sodann stellt man die Schieber auf Werte, die im direkten dekadischen Verhältnisse unter Ausnützung sämtlicher Stellen, z. B. Weston-Element (= 1,019 Volt) auf 1019 ein, ergänzt bei H die durch F und E etwa kurzgeschlossenen Werte der Hunderter- oder Zehnernonade und reguliert nun bei M so lange, bis das Galvanometer bei Stromschluss mit S auf O verbleibt. Damit ist der Apparat ausgeeicht, die Stellung bezw. der Wert von M darf während der Messungen nicht mehr verändert werden. Schaltet man nun bei E^2 eine unbekannte E.M.K. ein und kompensiert aus, wobei man wiederum selbstverständlich die durch E und F kurzgeschlossenen Widerstandswerte bei H zu ergänzen hat, dann kann man bei Nullstrom im Galvanometer die unbekannte E. M. K. direkt an den Schiebern ablesen und zwar unter Beobachtung des vorher beim Eichen gewählten dekadischen Verhältnisses.

Eine ausgeführte Kompensation ergab folgende Resultate:

Als Normale wurde das Weston-Element genommen; es standen beim Eichen also die Schieber auf 1019, während in H 980 Ohm eingeschaltet waren.

Die Kompensation des Clark-Elementes fand statt bei:

Schieberstellung	Ausschlag
1433	80 mm links
1432	35 „ rechts.

Somit ergiebt sich für das Clark-Element (17°) eine E. M. K. von 1,43228 Volt.

Die Verwendung des Apparates als Regulierwiderstand geschieht unter Benützung der Klemmen der Schieber C und G. Das Instrument, das sich im Verhältnis zu anderen Kompensatoren durch Billigkeit und grösste Übersichtlichkeit auszeichnet, wird vom physik.-mechan. Institut von Professor Dr. M. Th. Edelmann-München ausgeführt.

(Eingegangen 19. Juni 1902.)

Über die Empfindlichkeit und Trägheit von Selenzellen.

Von Ernst Ruhmer.

Bei der mannigfachen Anwendung, welche Selenzellen neuerdings im Laboratorium und in der Praxis finden, macht sich das Fehlen eines einheitlichen Masses ihrer Lichtempfindlichkeit recht fühlbar. Wohl wird dafür allgemein die Widerstandsänderung der Zellen im Dunkeln und bei Beleuchtung gewählt, allein über die dabei anzuwendende Lichtintensität giebt es keine Vereinbarung.

Während ein Experimentator die Prüfung mit 2 Normalkerzen aus 1 m Entfernung vornimmt[1]), bestimmt ein anderer die Widerstandsänderung im grellen Magnesia- oder Sonnenlicht.

Nun zeigen aber die Selenzellen, wie im folgenden an einigen Beispielen gezeigt werden soll, je nach ihrer Herstellungsweise, gegen Beleuchtung ein ganz verschiedenes Verhalten.

Die eine Art Zellen, die ich als „harte" bezeichnen möchte, ändern ihren Widerstand bei schwacher Beleuchtung relativ in geringerem Masse als die „weichen" Zellen. Letztere sind für schwache Lichteindrücke sehr empfindlich, ändern ihren Widerstand aber bei intensiver Beleuchtung verhältnismässig weniger als die harten Zellen. Aus der Existenz dieser beiden verschiedenen Arten von Zellen erklärt sich auch die verschiedene Beurteilung einer und derselben Zelle seitens verschiedener Beobachter und die Zweckmässigkeit der Anwendung verschiedener Arten von Zellen für spezielle Zwecke.

Zu den im folgenden wiedergegebenen Beobachtungen wählte ich einige nach dem System Shelford-Bidwell hergestellte eigne Zellen, sowie eine mir vom verstorbenen Herrn Clausen vor circa einem Jahre freundlichst überlassene Zelle und zwar:

1. Zelle Nr. 69, ca. 2 Jahr alt, 0,2 mm Kupferdrähte auf ein flaches Schiefertäfelchen in 1 mm Abstand gewickelt, Grösse: 43 mm × 26 mm.
2. Zelle Nr. 77, ca. 1 1/2 Jahre alt, 0,2 mm Kupferdrähte auf ein flaches Schiefertäfelchen

1) vgl. H. Th. Simon und M. Reich, diese Zeitschrift, 3, 285, 1902.

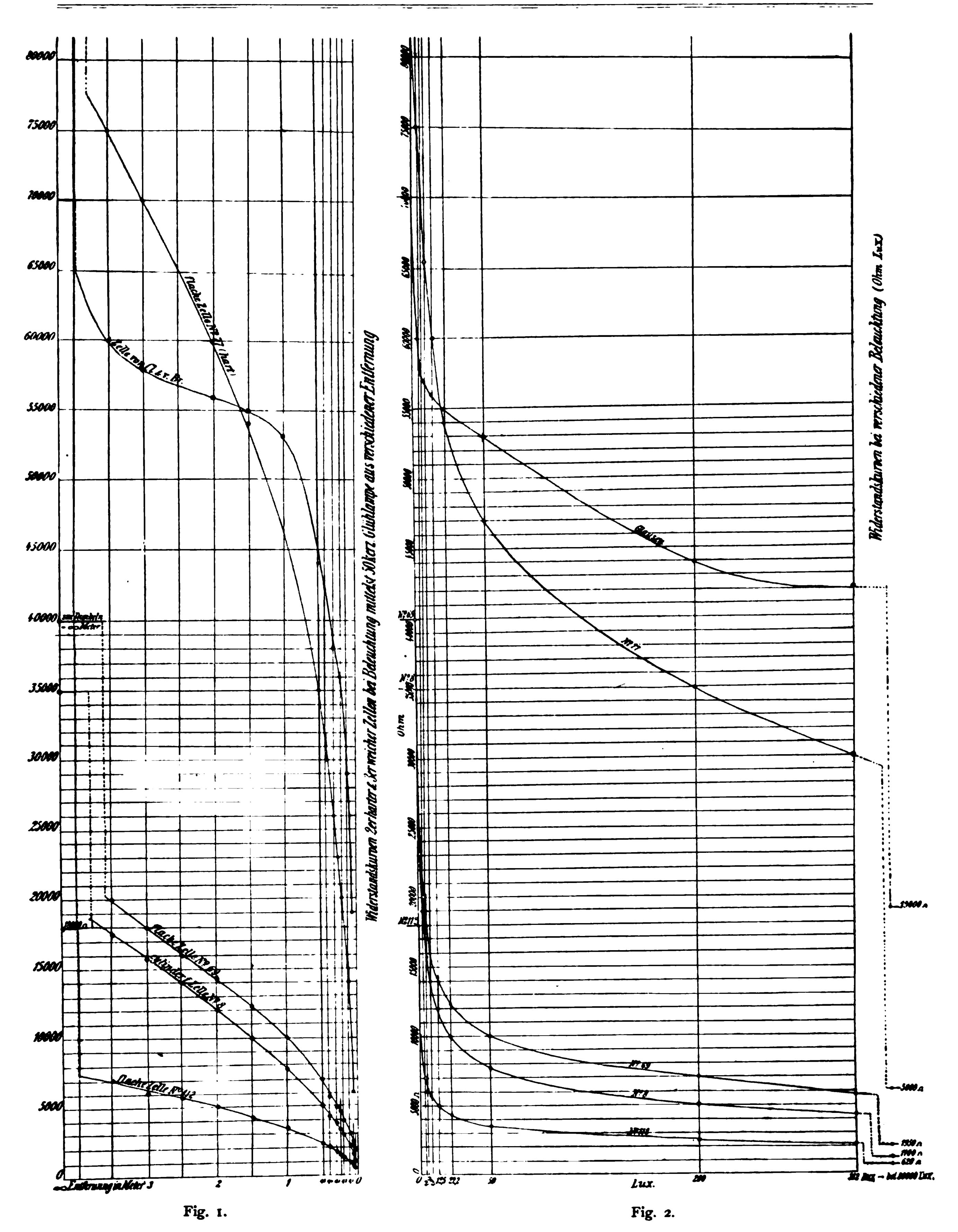

Widerstandskurven 2er harter & 3er weicher Zellen bei Beleuchtung mittelst 50 Kerz. Glühlampe aus verschiedener Entfernung
Widerstandskurven bei verschiedener Beleuchtung (Ohm Lux)
Entfernung in Meter
Lux
Ohm

Fig. 1.

Fig. 2.

in 1 mm Abstand gewickelt, Grösse: 30 mm × 25 mm.

3. Zelle Nr. 112, ca. 2 Monate alt, 0,2 mm Kupferdrähte auf ein flaches Porzellantäfelchen in $^3/_4$ mm Abstand gewickelt, Grösse: 52 mm × 28 mm.

4. Clausens Zelle, ca. 1 Jahre alt, 0,2 mm Kupferdrähte auf ein flaches Schiefertäfelchen in 1 mm Abstand gewickelt, Grösse: 43 mm × 24 mm.

5. Cylinder Zelle Nr. 8, ca. 2 Monate alt, 0,2 mm Kupferdrähte auf einen Porzellancylinder gewickelt. Grösse: 50 mm lang, 18 mm Durchmesser; in evakuierter Glasbirne montiert, versehen mit Edisonfassung.

Die Widerstände dieser Zellen wurden zunächst im Dunkeln, nachdem dieselben mindestens 24 Stunden vorher kein Licht bekommen hatten, gemessen. Sodann wurden die Zellen im völlig verdunkelten Laboratorium mittels einer 50 kerzigen Glühlampe aus verschiedener Entfernung, und zwar mit 3 $^1/_2$ m beginnend, um je $^1/_2$ m sich nähernd, bis in unmittelbare Nähe, beleuchtet, und der Widerstand, nachdem derselbe konstant geworden war, abermals bestimmt. Um den Einfluss etwaiger Erwärmung der Selenschicht zu eliminieren, wurden nur schwache Stromstärken verwendet und ausserdem die Wärmestrahlen der Glühlampe abgeblendet. Über den Einfluss der Temperatur soll später besonders berichtet werden.

Die Resultate der Widerstandsmessungen sind in Tabelle I notiert und in Fig. 1 graphisch aufgetragen. Fig. 2 zeigt die Abhängigkeit des Widerstandes von der Beleuchtung (Ohm: Lux). Daraus ist folgendes zu ersehen:

Der Widerstand aller Zellen nimmt zwar mit zunehmender Beleuchtung ab, jedoch bei den verschiedenen Zellen in ungleicher Weise. Während die harte Zelle Nr. 77 bei 4,6 Lux erst um 25000 Ω, d. h. um etwa 25 Proz. ihres Dunkelwiderstandes gesunken ist, fällt sie bei stärkerer Beleuchtung, etwa zwischen 22,2 und 20000 Lux um 54000—6000 = 48000 Ω, d. h. um etwa doppelt soviel (48 Proz.).

Ebenso fällt der Widerstand der Clausenschen Zelle bei schwacher Beleuchtung langsam; er beträgt bei 4,6 Lux noch 60000 Ω, hat sich also nur um 10000 Ω vermindert, d. h. um etwa 16 $^2/_3$ Proz. des Dunkelwiderstandes. Hingegen sinkt er zwischen 22,2 und 20000 Lux um 55000—19000 = 36000 Ω, d. h. mehr als dreimal so stark (60 Proz.) als bei der schwachen Beleuchtung vorher. Es ist also auch die Clausensche Zelle eine harte.

Ganz anders verhalten sich dagegen die Zellen Nr. 69, 112 und 8, welche bei schwacher Beleuchtung ungleich stärker und bei intensiver Beleuchtung in viel geringerem Grade ihren Widerstand verändern, als die harten Zellen und die ich deshalb als „weich" bezeichne. Um nur eine derselben zum Vergleich heranzuziehen, so fällt der Widerstand der Nr. 69 zwischen 0—4,6 Lux um 20000 Ω, d. h. um 50 Proz. ihres Dunkelwiderstandes, zwischen 22,2 und 22000 Lux um 12300—2300 = 10000 Ω, d. h. nur halb so viel als vorhin (25 Proz.).

Aus den angeführten Beispielen glaube ich, das in der Einleitung erwähnte, unter Umständen ganz verschiedene Verhalten der Zellen bei schwacher und intensiver Beleuchtung deutlich gezeigt zu haben. Die verschiedene Beurteilung der Empfindlichkeit einer und derselben Zelle je nach der angewendeten Messmethode ist danach sehr erklärlich. Aber es folgt auch für die Praxis die Zweckmässigkeit, je nach dem Beleuchtungsintervall, das in Frage kommt, verschiedene Arten von Zellen zu benutzen. Ein jeder, der sich mit photophonischen, resp. photographophonischen Versuchen beschäftigt

Tabelle I.

Widerstände einiger Selenzellen bei Beleuchtung mittels 50 kz Glühlampe aus verschiedener Entfernung.

Entfernung in m	No. 69		No. 77		No. 112		Clausen		No. 8		Lux
	Ω	Milli-A.	Ω	Milli-A.	Ω	Milli-A.	Ω	Milli-A.	Ω	Milli-A.	
∞	40000	0.25	100000	0.1	18000	0.55	70000	0.14	35000	0.28	0
3.5	20000	0.5	75000	0.13	7000	1.45	60000	0.17	17500	0.57	4.6
3	18000	0.55	70000	0.14	6100	1.64	58000	0.17	15750	0.63	5.6
2.5	16000	0.63	66000	0.15	5750	1.74	57000	0.17	14000	0.71	8.0
2	14300	0.70	60000	0.17	5050	1.98	56000	0.18	12000	0.83	12.5
1.5	12300	0.81	54000	0.18	4300	2.32	55000	0.18	10000	1.00	22.2
1	10000	1.0	47000	0.21	3550	2.81	53000	0.19	7750	1.29	50.0
0.5	7000	1.45	35000	0.28	2400	4.16	44000	0.23	5000	2.00	200.0
0.4	5750	1.74	30000	0.33	2150	4.65	42000	0.24	4300	2.32	312.5
0.3	5000	2.0	26000	0.38	1800	5.56	38000	0.26	3850	2.59	555.6
0.25	4700	2.12	23000	0.43	1580	6.33	37000	0.27	3450	2.90	800.0
0.2	4000	2.5	20000	0.50	1390	7.20	36000	0.28	3000	3.33	1250.0
0.1	3000	3.33	14000	0.71	1000	10.00	29000	0.34	2300	4.35	5000.0
0.05	2300	4.35	6000	1.67	700	14.30	19000	0.53	1600	6.25	20000.0
0.025	1950	5.13	—	—	620	16.13	—	—	1100	9.10	80000.0

hat, wird derartige Beobachtungen gemacht haben. Besonders deutlich zeigt sich dieser Umstand aber bei Relaisexperimenten. Bei durchschnittlich starker Beleuchtung wird man besser harte Zellen, bei schwacher Beleuchtung dagegen weiche Zellen anwenden, um mittels geringer Beleuchtungsdifferenzen ein Relais zu bethätigen.

Ich hoffe, später eine ausführliche Darstellung der elektrotechnischen Anwendungen der Selenzellen zu geben, und werde dann auf diesen Punkt näher eingehen.

Das soeben beschriebene, voneinander wesentlich abweichende Verhalten der Selenzellen bei matter und greller Beleuchtung hat, wie bereits oben angedeutet wurde, seinen Grund in der Herstellungsweise derselben. Um nämlich die krystallinische Modifikation des Selens zu erhalten, die allein die stromleitende und unter gewissen Umständen (wie später anlässlich einer Erklärung der Lichtwirkung ausführlicher auseinandergesetzt werden soll) auch die uns hauptsächlich interessierende lichtempfindliche Eigenschaft besitzt, kann man auf zweierlei Weise verfahren. Streicht man ein mit Kupferdraht bifilar bewickeltes Täfelchen, das bis über 100^0 C. erhitzt wurde, mit dem schwarzen, siegellackartigen Stangenselen und lässt die Masse unter Umrühren oder Erschütterungen rasch bis zum Erstarren abkühlen, so erhält man eine harte Zelle (Krystallmehl). Wird dagegen das Täfelchen langsam abgekühlt, nachträglich aber bis etwa 200^0 C. erhitzt, so erhält man eine Zelle, mit den vorher als weich bezeichneten Eigenschaften, die eine grobkörnig krystallinische Struktur besitzt.

Hiermit möchte ich auch das ganz sonderbare Verhalten der zu obigen Messungen mitbenutzten Clausenschen Zelle zu erklären versuchen.

Wie man aus dem Verlaufe der Widerstandskurve dieser Zelle bei verschiedener Entfernung der Lichtquelle (Fig. 1) erkennt, hat dieselbe bei einer Entfernung der Lichtquelle zwischen 3 und 1 Meter einen Wendepunkt. Welche Ursache mag dieses unregelmässige Verhalten dieser Zelle, das ihr gewiss nicht zum Lobe dienen kann, haben?

Wahrscheinlich wurde die Zelle auf die vorhin zuerst beschriebene Weise hergestellt, hatte also die Eigenschaften der von mir als hart bezeichneten Zellen angenommen. Nachträglich wird sie dann nochmals erhitzt worden sein, jedoch in unzureichendem Masse, um eine völlige Krystallumlagerung in die grobkörnige Struktur herbeizuführen.

Die Zelle enthält daher beide, von mir als hart, bezw. weich bezeichneten Modifikationen und beide trachten, den Widerstand bei Beleuchtung auf ihre Weise herabzusetzen. Die Wirkungen superponieren sich wohl im allgemeinen, allein da die Widerstandskurve der harten Zellen in ganz anderer Weise verläuft, als die Kurve der weichen Zellen, so kommt jener unregelmässige Verlauf zu stande.

In Fig. 3 habe ich aus der schematisch, allerdings übertrieben gezeichneten Widerstands-

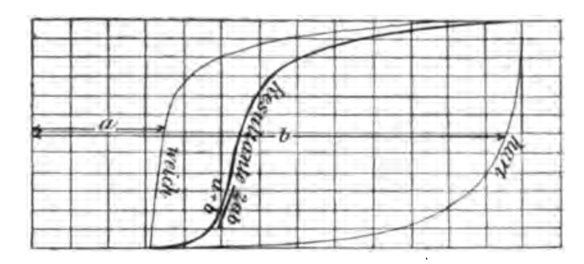


Fig. 3.

kurve je einer harten und einer weichen Zelle, eine mittlere Widerstandskurve konstruiert, die in der That einen ähnlichen Verlauf zeigt, wie die Kurve der Clausenschen Zelle. —

Das Widerstandsverhältnis der fünf gemessenen Zellen im Dunkeln und bei greller Beleuchtung stellt sich folgendermassen:

Tabelle II:

Zelle Nr.	Form	Bezeichnung	Widerstände	Quotient
69	flach	weich	40000:1950	20,5
77	flach	hart	100000:6000	16,6
112	flach	weich	18000:620	29,0
Clausen	flach	hart	70000:19000	3,7
8	cylindrisch	weich	35000:1100	31,8

Die weichen Zellen sind also die bei weitem empfindlicheren und die cylindrische Zelle in evakuierter Glasbirne mit fast 32 fachem Widerstandsquotienten ist die empfindlichste unter ihnen, sie ist etwa 8 mal empfindlicher als die Clausensche. Dabei ist noch zu berücksichtigen, dass diese cylindrische Zelle bei der angewendeten Beleuchtung nur auf einer Hälfte und dazu noch in unvorteilhafter Weise Licht bekam, während sich die andere Hälfte naturgemäss im Schatten befand, somit nicht nur keine völlige Ausnutzung der lichtempfindlichen Schicht, sondern sogar ein schädigender Nebenschluss stattfand. Die Cylinderzelle ist ihrer Konstruktion nach bestimmt, in der Brennlinie eines Reflektors angebracht zu werden und würde in diesem Falle, bei gleichmässiger Beleuchtung, wahrscheinlich noch mehr geleistet haben.

Ein Vorzug der weichen Zellen ist ferner ihr im allgemeinen niedriger Widerstand, insofern man zu ihrem Betriebe keine grossen Batterien nötig hat. Die Zelle Nr. 112 ist z. B. schon mit einem einzigen Trockenelement befähigt, ein empfindliches, für diese Zwecke

Fig. 4.

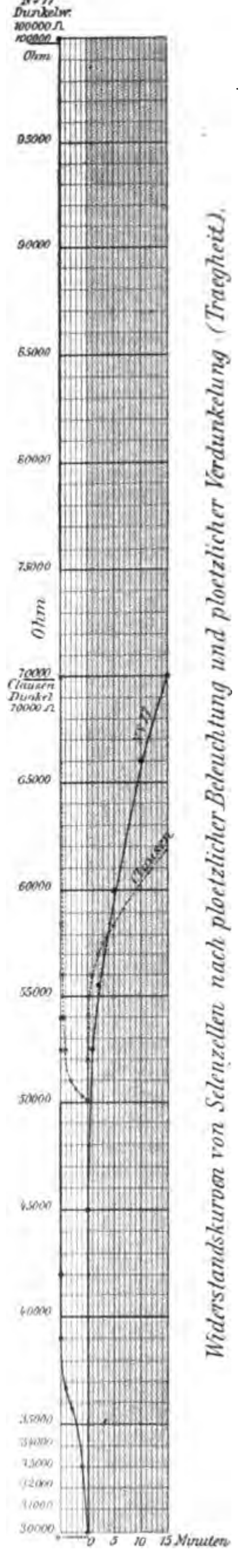

Nº 77
Dunkelw.
100000 Ω
Ohm
Clausen
Dunkel
70000 Ω
Nº 77
Clausen
15 Minuten
Widerstandskurven von Selenzellen nach ploetzlicher Beleuchtung und ploetzlicher Verdunkelung (Traegheit).

Fig. 5.

besonders konstruiertes Relais, über das gelegentlich berichtet werden soll, zu bethätigen.

Ich besitze Zellen gleicher Art von noch bedeutend niedrigerem Widerstand bei gleicher Empfindlichkeit. Stellt man Selenzellen mit sehr geringer Dicke der lichtempfindlichen Schicht (ca. $^1/_{20}$ mm und darunter) her, so kann man die Lichtempfindlichkeit um ein Beträchtliches steigern, allerdings auf Kosten des niedrigen Widerstandes. Herr J. W. Giltay fertigt derartige Zellen nach einer besonderen Methode. Ich habe neuerdings ebenfalls cylindrische Zellen mit sehr dünnen (ca. $^1/_{100}$ mm) Schichten, allerdings auf andere Art und Weise hergestellt.

Ich möchte mir einige Mitteilungen über solche Zellen mit sehr dünnen Schichten und ihre auf den ersten Blick höchst merkwürdigen Eigenschaften für später aufbewahren, will hier aber wenigstens anführen, dass eine dieser Zellen bei einem Widerstande von ca. 900000 Ω, bei einer Beleuchtung von 50 Lux auf ca. 69100 Ω, sinkt, der Widerstandsquotient für diese Beleuchtung also nahezu 13 ist, während er bei gleicher Beleuchtung für die empfindlichste der in Tabelle I enthaltenen Cylinderzelle Nr. 8 noch nicht 5 beträgt.

Durch geeignete Konstruktionen der Zellen, namentlich durch eine grosse Elektrodenoberfläche, muss man trachten, die aus den dünnen Schichten sich ergebenden hohen Widerstände herabzusetzen.

Eine fernere Eigentümlichkeit bei Selenzellen, auf welche ich bei dieser Gelegenheit eingehen möchte, besteht in deren Trägheit.

Es ist bekannt, dass eine Selenzelle nach erfolgter Belichtung nicht sofort wieder ihren ursprünglichen Widerstand annimmt, sondern erst nach Verlauf einer gewissen Zeit. Auf diesen Umstand hat wohl zuerst S. Kalischer[1]) anlässlich seiner photoelektromotorischen Untersuchungen aufmerksam gemacht und ihn als eine „Nachwirkung des Lichts im Selen" bezeichnet. Derselbe beobachtete auch, dass diese Nachwirkung in Abhängigkeit steht von der Intensität und Dauer der stattgehabten Beleuchtung, doch machte er nur einige Angaben über die Zeit, innerhalb welcher die schwach belichtete Zelle zu ihrem Dunkelwiderstand zurückkehrte, ohne auf den zeitlichen Verlauf der Widerstandsänderung einzugehen.

1) Wied. Ann., **31**, S. 101 ff.

Beobachtet man die Abnahme des Widerstandes einer im Dunkeln gehaltenen Zelle nach plötzlicher starker Belichtung, so zeigt es sich, dass auch die Abnahme des Widerstandes keine momentane ist, wenn sie auch ganz bedeutend schneller erfolgt, also die vorhin erwähnte Zunahme nach erfolgter Verdunkelung. Da man füglich nicht gut von einer „Nachwirkung der Dunkelheit" sprechen kann, so möchte ich mir gestatten, dies Verhalten der Selenzellen als Trägheit zu bezeichnen.

Um diese Trägheit in ihrem zeitlichen Verlaufe zu charakterisieren, habe ich einige Widerstandsmessungen gemacht, und zwar, nachdem die bis dahin im Dunkeln aufbewahrten Zellen plötzlich eine grelle Beleuchtung erfuhren, andererseits, nachdem sie eine Zeit lang grell beleuchtet worden waren, plötzlich wieder verdunkelt wurden.[1]) Zu diesen Beobachtungen wurden die Zellen zunächst in ihren Behältern belassen, plötzlich von einer 16kerzigen Glühlampe aus 40 cm Entfernung belichtet. Die Widerstände wurden zuerst sekundenweise, dann von 5 zu 5, endlich von 10 zu 10 Sekunden bis zur Gesamtdauer einer Belichtung von 5 Minuten notiert. Hierauf

1) Leider konnten wegen Zeitmangels nicht durchgehends ausgeruhte Zellen verwendet werden. Die Zahlenwerte für No. 112 und No. 8 sind daher zu niedrig.

Tabelle III.

1. Widerstände nach plötzlicher Beleuchtung.

Zelle No.	Dunkel-Widerst. [2])	nach 1 Sek.	nach 2 Sek.	nach 3 Sek.	nach 4 Sek.	nach 5 Sek.	nach 10 Sek.	nach 15 Sek.	nach 20 Sek.	nach 30 Sek.	nach 1 Min.	nach 2 Min.	nach 3 Min.	nach 4 Min.	nach 5 Min.
112	9600 Ω	4000	3300	3000	—	2800	2700	2600	2500	—	2280	—	2100	2040	2000
8	19000 Ω	12000	8000	7500	6750	6500	6000	5700	—	5400	5100	4700	—	—	4300
77	100000 Ω	52500	42000	39000	—	—	—	—	—	—	36600	35700	—	33000	30000
5	16000 Ω	5400	4300	4000	3800	3600	3500	3400	3300	3200	3100	3000	2950	—	2900
Clausen	70000 Ω	58500	56000	—	—	—	—	—	—	54000	52500	51000	50700	50400	50200

2. Widerstände nach plötzlicher Verdunkelung.

Zelle No.	in Licht-Widerstand	nach 1 Sek.	nach 2 Sek.	nach 3 Sek.	nach 4 Sek.	nach 5 Sek.	nach 10 Sek.	nach 15 Sek.	nach 20 Sek.	nach 25 Sek.	nach 30 Sek.	nach 40 Sek.	nach 50 Sek.
112	2000 Ω	2400	2600	2700	2800	2850	3000	3150	3200	3300	3400	3500	3600
8	4300 Ω	6250	7000	—	—	—	—	—	—	—	7640	—	—
77	30000 Ω	—	—	—	—	45000	—	—	—	—	—	—	—
5	2900 Ω	—	—	—	—	3800	4100	4300	4450	4600	4700	4800	—
Clausen	50200 Ω	53500	—	—	—	54000	—	—	—	—	55000	—	—

Zelle No.	nach 1 Min.	nach 2 Min.	nach 3 Min.	nach 4 Min.	nach 9 Min.	nach 15 Min.
112	3700	4180	4500	4800	5560	6100
8	7950	8500	9000	—	12000	15000
77	52500	55500	—	5 Min. 60000	10Min. 66000	70000
5	5050	5500	5870	6210	—	—
Clausen	56000	57000	57600	58400	—	61900

wurden die Zellen wieder verdunkelt und das Steigen des Widerstandes in gleicher Weise bestimmt. Die so ermittelten Zahlen sind in Tabelle III eingetragen und in Fig. 4 und 5 graphisch dargestellt.

Man ersieht hieraus, dass sich bei plötzlicher Beleuchtung der grösste Teil der Gesamtwiderstandsänderung bereits in der ersten Sekunde vollzieht, dann langsamer fällt; indessen hatte keine einzige von allen beobachteten Zellen nach 5 Minuten ihren Minimalwert erreicht, alle würden ihren Widerstand noch weiter vermindert haben, wenn nicht wegen Abkürzung der Untersuchung das Licht abgeschnitten worden wäre. Man sieht auch hier wieder den grossen Unterschied zwischen den weichen und harten Zellen. Während erstere ihren Widerstand nach einer Belichtung von mehreren Minuten nur noch in geringem Masse ändern, ist die Widerstandsänderung bei den harten Zellen in dem entsprechenden Teil der Kurve noch ziemlich bedeutend.

Viel langsamer erfolgt die Zunahme des Widerstandes nach erfolgter Verdunkelung, bei den harten Zellen verhältnismässig schneller als bei den weichen.

Durchschnittlich aber kann man sagen, dass sich die weichen Zellen nach einer Viertelstunde seit der Belichtung erst bis zur Hälfte ihres ursprünglichen Widerstandes bequemt haben. Bei schwacher Beleuchtung oder kürzerer Dauer wird sich dies günstiger, bei greller Beleuchtung und längerer Dauer noch ungünstiger stellen, jedenfalls aber geht auch aus dieser Messung hervor, dass man keine Zelle auf ihre Empfindlichkeit prüfen sollte, ohne vorher ihren wirklichen Dunkelwiderstand durch ca. 24stündige Aufbewahrung im Dunkeln ermittelt zu haben. Die flachen Zellen haben zu diesem Zweck ein Schiebeoder Klappdeckelkästchen, die cylindrischen Zellen ein Lederfutteral. Letzteres kann durch Abnehmen des Deckels geöffnet werden, um die Zelle in die Fassung zu schrauben, ohne dass die Zelle Licht empfängt.

Holzkästchen und Lederfutteral schützen freilich nicht vor Röntgenstrahlen, auf die Selenzellen ebenfalls sehr empfindlich reagieren.

Über die Haltbarkeit lichtempfindlicher Zellen, die für die Praxis eine grosse Rolle spielt und über die bisher sehr unerfreuliche Resultate vorliegen, soll in einer weiteren Notiz berichtet werden.

Berlin, 1. Juni 1902.

(Eingegangen 6. Juni 1902.)

Über die chemischen Wirkungen der Kathodenstrahlen.

Von G. C. Schmidt.

In einer vor kurzem erschienenen Arbeit[1]) habe ich nachgewiesen, dass die Kathodenstrahlen stark reduzierende Eigenschaften besitzen. So wurden durch dieselben Eisenchlorid in Eisenchlorür, Quecksilberchlorid in Quecksilberchlorür, Natriumchlorid in Natriumsubchlorid u. s. w. verwandelt. Ich erklärte diese Thatsache, indem ich annahm, dass ein negatives Elektron der Kathodenstrahlen eine positive Valenzladung des Metalles im Salze sättigt und dass dieses dadurch aus dem drei- in den zweiwertigen, bezw. aus dem zweiwertigen in den einwertigen übergeht. Das Metall vermag dann nicht mehr drei bezw. zwei Atome des Halogens zu binden, das eine entweicht, verbindet sich mit einem anderen positiv geladenen Elektron oder vereinigt sich auf eine andere Weise zu einem indifferenten Halogenmoleküle. Es bleibt somit eine Verbindung zurück, die im Vergleiche zum Ausgangsmateriale weniger Halogen enthält, also reduziert ist.

Dass diese Wirkung nicht entsprechend der Hypothese von Herrn E. Goldstein[2]) davon herrührt, dass die Kathodenstrahlen beim Anprallen auf feste Körper an der Treffstelle ultraviolettes Licht erregen, und dass diesem die reduzierenden Eigenschaften zuzuschreiben seien, bewies die Thatsache, dass unter dem Einflusse des Bogenlichtes, welches stark ultraviolettes Licht aussendet, das Eisenchlorid nicht reduziert wird und ferner, dass Flussspat, welcher für ultraviolettes Licht durchlässig ist, die Wirkung der Kathodenstrahlen aufhebt.

Die Frage, ob thatsächlich die Kathodenstrahlen an der Treffstelle stets ultraviolettes Licht erregen, also ausser ihren reduzierenden Eigenschaften alle Körper veranlassen, ultraviolette Schwingungen auszusenden, blieb damals eine offene.

Offenbar kann die Goldsteinsche Hypothese nicht aufrecht erhalten werden, wenn es gelingt, nachzuweisen, dass unter dem Einflusse des ultravioletten Lichtes fluoreszierende Stoffe unter den Kathodenstrahlen nicht leuchten. Von den vielen daraufhin untersuchten Körpern brachten die Anilinfarbstoffe eine Entscheidung.

1) Diese Z. 3, 114, 1901. Ann. d. Phys. 7, 321, 1902.
2) E. Goldstein, Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien 80, 151, 1879 u. später. Siehe auch G. Holzknecht, Verh. Phys. Ges. 4, 27, 1902.

Dieselben waren in Gelatine gelöst und durch längeres Stehenlassen im Exsikkator getrocknet. Auf die auf diese Weise dargestellten Gelatinescheiben wurde in bekannter Weise mittels Flussspat-Quarz-Achromaten und einem Quarzprisma ein Spektrum geworfen. Die meisten Anilinfarben leuchteten unter dem Einflusse des ultravioletten Lichtes nicht, nur die festen Lösungen von Rhodamin, Cyanin, Hoffmanns Violett und besonders schön von Fluorescein in Gelatine fluoreszierten unter diesen Umständen. Wie ein Vergleich mit Uranglas, welches selbst unter den äussersten ultravioletten Strahlen fluoresziert, ergab, war das erregte Licht beim Fluorescein ungefähr ebenso intensiv wie beim Uranglas; auch wurde es durch ungefähr dieselben Strahlen hervorgerufen.

Unter den Kathodenstrahlen leuchtete das Uranglas intensiv, die Anilinfarbstoffe zeigten dagegen kaum eine Spur von Fluoreszenz.[1]) Es muss daher der Vorgang der Erregung in beiden Fällen ein verschiedener sein.

Hiermit dürfte bewiesen sein, dass die Kathodenstrahlen beim Anprallen auf feste Körper an der Treffstelle im allgemeinen kein ultraviolettes Licht erzeugen; dass sie unter besonderen Umständen, z. B. bei solchen Körpern, wie Chinin, bei denen sich die durch Licht erregte Fluoreszenz bis ins Ultraviolett erstreckt, die Moleküle veranlassen können, ultraviolettes Licht auszusenden, bedarf wohl kaum der Erwähnung.

1) Das äusserst schwache Fluoreszenzlicht wurde durch ultraviolettes Licht hervorgerufen, welches stets zugleich mit der positiven Säule und den anderen Gebilden einer Entladungsröhre auftritt. Keinesfalls wurde es durch Kathodenstrahlen erregt.

Erlangen, physikal. Institut, den 19. Juni 1902.

(Eingegangen 24. Juni 1902.)

Über die Emanation des Phosphors.

Von G. C. Schmidt.

Im Jahre 1895 fand Ewan[1]), dass die Oxydationsgeschwindigkeit von Phosphor, Schwefel und Acetaldehyd der Quadratwurzel aus dem gerade herrschenden Sauerstoffdruck proportional ist. Um diese Versuchsergebnisse zu erklären, machte Herr van't Hoff[2]) die Annahme, dass im gewöhnlichen Sauerstoff schon vor der Oxydation eine Spaltung in einzelne Atome erfolge, die wahrscheinlich entgegengesetzt geladen seien. Der sich oxydierende Körper ziehe eins der beiden Spaltungsstücke des Sauerstoffmoleküls vor, so dass das andere für andere Oxydationen verfügbar sei; dadurch finde das Auftreten von Ozon bei der langsamen Verbrennung des Phosphors eine Erklärung.

1) Ztschr. physik. Ch. **16**, 321, 1895.
2) Ztschr. physik. Ch. **16**, 411, 1895; siehe auch Ver Frankf. Naturforschertags II. Teil, I. Hälfte, S. 107, 1897.

Eine ähnliche Hypothese hat bereits vor längerer Zeit R. Clausius[1]) aufgestellt. Er glaubt, dass die Sauerstoffmoleküle aus zwei Atomen bestehen und dass diese durch entgegengesetzte Ladungen ebenso wie die Atome im Molekül des Chlornatriums zusammengehalten seien. „Da nun bei der Oxydation des Phosphors der Sauerstoff jedenfalls als negativer Bestandteil in die Verbindung tritt, so kann es sein, dass von den beiden Sauerstoffatomen, welche aus einem Molekül entstehen, vorzugsweise das negative von dem Phosphor festgehalten wird und das positive ungehindert oder doch weniger gehindert fortfliegen kann.“ Zieht man nun in Betracht, dass nach Matteuci die Luft durch Phosphor leitend gemacht wird, so scheint hier ein inniger Zusammenhang zu bestehen, den aufzuklären der Zweck der vorliegenden Abhandlung war.

Über die durch Phosphor der Luft erteilte Leitfähigkeit liegen eine Reihe von Untersuchungen vor, vor allem von Bidwell[2]), Naccari[3]), Elster und Geitel[4]), Des Coudres[5]) und von Barus[6]), der in den letzten Jahren eine grosse Anzahl von Arbeiten über diesen Gegenstand veröffentlicht hat. Der letztere hat seine Versuchsergebnisse auf Grund der Elektronentheorie zu erklären gesucht. Auf diese Theorie und die daran sich anknüpfenden mathematischen Entwickelungen will ich nicht weiter eingehen und zwar deswegen, weil, wie sich später ergeben wird, die von den obigen Verfassern gefundenen Thatsachen anders erklärt werden müssen.

Versuchsmethode und Apparate. Um die Beziehung zwischen Leitfähigkeit und Oxydation quantitativ zu verfolgen, galt es zunächst, die Methode der Leitfähigkeitserregung durch Phosphor so zu gestalten, dass brauchbare, untereinander übereinstimmende Resultate erzielt wurden. Dies ist mir freilich nicht ganz gelungen, wie die folgenden Tabellen beweisen werden, immerhin lassen sich aus den erhaltenen Zahlen sichere Schlüsse ziehen.

Wie schon Barus fand, erhält man häufig selbst von einem und demselben Stück Phosphor recht verschiedene Werte für die erregte Leitfähigkeit. Es ergab sich bald, dass dies davon herrührte, dass der Phosphor an einer

1) Pogg. Ann. **103**, 644, 1858; **121**, 250, 1864.
2) Nature 1893 Dez., S. 212.
3) Atti di Torino **25**, 252, 1890.
4) Wied. Ann. **39**, 324, 1890.
5) Wied. Ann. **62**, 144, 1897.
6) Barus, Science **11**, 201, 1900; **13**, 501, 1901; Phys. Rev. **10**, 257, 1900; Phil. Mag. **2**, 40, 391 und 477, 1901; **3**, 80, 1902.

Stelle sich stark oxydierte; hierbei wird soviel Wärme frei, dass eine starke Verdampfung stattfindet. Durch die Oxydation des Dampfes, welcher viel leichter erfolgt, als die des festen Körpers, wird aber eine grosse Leitfähigkeit der Luft erregt. Nach einiger Zeit verstopft sich aus zufälligen Ursachen dieser Oxydationsherd, wodurch die Leitfähigkeit abnimmt, und an einer anderen Stelle entsteht dafür ein neuer. Um nun die Oxydation möglichst gleichmässig zu gestalten, wurde der Phosphor in sehr enge Röhrchen eingeschmolzen und zwar derart, dass er sie nicht ganz erfüllte. Jetzt hatte der Sauerstoff der Luft nur langsam Zutritt, es konnte nie eine starke Oxydation und davon bedingte starke Verdampfung stattfinden. Selbst wenn dies zufällig eintrat, so schob der Phosphordampf bezw. die Verbrennungsprodukte desselben die Luft in erhöhtem Masse heraus, die Oxydation nahm ab und es stellte sich in kurzer Zeit wieder der alte Gleichgewichtszustand her.

Um die Leitfähigkeit zu messen, wurde folgendes Verfahren benutzt. Eine Flasche von 30 cm Höhe und 20 cm Durchmesser wurde

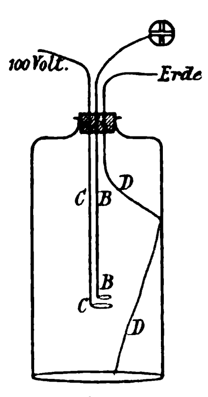


Fig. 1.

oben durch einen dreifach durchbohrten Gummistopfen geschlossen. Durch die zwei Durchbohrungen führten zwei durch Glas und Siegellack wohlisolierte Eisenstäbe *B* und *C*, an denen unten kleine Eisenteller von 3 cm Durchmesser angelötet waren. Durch die dritte ging ein dauernd mit der Erde verbundener Draht *D*. Die Flasche wurde nun zunächst mit einer konzentrierten Phosphorsäurelösung ausgespült, die durch *D* mit der Erde verbunden wurde. Es wurde nun *C* mit dem positiven bezw. negativen Pol einer vielpaarigen Batterie verbunden, während *B* mit einem empfindlichen Quadrantelektrometer kommuniziert. Dieses ist, während die oben genannte Verbindung hergestellt wird, zur Erde abgeleitet. Hebt man nun, nachdem *C* durch die Säule auf konstantes Potential geladen ist, die Erdleitung des Elektrometers auf, so misst der Ausschlag des letzteren das Quantum Elektrizität, das in einem gegebenen Zeitintervall die Luftschicht zwischen *C* und *B* durchströmt.

Das beschriebene Verfahren gestattet die Verwendung beträchtlicher elektrischer Spannungen, ohne den Gebrauch eines sehr empfindlichen Elektrometers auszuschliessen. Ausserdem gewährt es noch den nicht zu unterschätzenden Vorteil, dass durch den Einfluss von Isolationsfehlern, welche wegen der Feuchtigkeit der Luft nie ganz ausgeschlossen werden konnten, nie zu grosse Werte vorgetäuscht werden können. Man findet vielmehr zu kleine, wenn die Stützen, welche die Elektrometerdrähte tragen, ungenügend isolieren. Entweicht über diese soviel Elektrizität, wie in den gleichem Zeitraum dem Elektrometer zugeführt wird, dann erscheint der Phosphor unwirksam. Es ist ferner unmöglich, dass ohne Vermittelung der Luftschicht zwischen *B* und *C* Elektrizität von *B* nach *C* fliesst, da die ganze, gut leitende Wandung der Flasche dauernd mit der Erde verbunden ist.[1]) Um den Apparat auf seine Brauchbarkeit zu prüfen, wurde zunächst auf *C* eine frisch amalgamierte Zinkplatte gebracht und die Elektrizitätszerstreuung bei negativer und positiver Ladung bei Belichtung gemessen. Da sich keine Fehlerquellen ergaben, wurde zur Messung der durch Phosphor bewirkten Leitfähigkeit geschritten. Bemerkt möge noch werden, dass die Stützen vor jedem Versuch stark erwärmt wurden, um die Feuchtigkeit zu entfernen.

Beziehung zwischen Stromstärke und Oberfläche des Phosphors. Es wurde auf *C* anfangs ein, darauf zwei Phosphorgläschen gelegt und der Strom einmal unmittelbar nachdem die Gläschen an Ort und Stelle gebracht und darauf zwei Stunden später gemessen. Es waren für die Versuche zwei Gläschen ausgesucht, die untereinander übereinstimmende Resultate haben.

Tabelle I.

1 Gläschen		2 Gläschen	
E. M. K.	Ausschlag in 30 Sek.	E. M. K.	Ausschlag in 30 Sek.
20 Volt	5	20 Volt	9
40	8	40	17
60	12	60	26
80	15	80	37
100	19	100	47
120	24	120	56
140	27	140	65
160	35	160	74
180	39	180	84
200	45	200	93
240	64	240	120

Die Ausschläge, welche Mittelwerte dar-

1) Die Methode ist der von den Herren Elster und Geitel bei ihren lichtelektrischen Versuchen angewandten nachgebildet; siehe Wied. Ann. **44**, 725—726, 1891.

stellen, sind in willkürlichen Einheiten gemessen. Die Empfindlichkeit des Elektrometers betrug 2 Volt = 88 Skalenteile.

Aus der Tabelle geht hervor, dass die Leitfähigkeit proportional der Oberfläche des Phosphors ist. Andere Beobachtungsreihen ergaben das nämliche, wenn auch die Zahlen nicht so gut übereinstimmten.

Beziehung zwischen Stromstärke und Entfernung der Elektroden voneinander. Die Entfernung der Platten betrug 15 mm, der Ausschlag in 30 Sek. bei 240 Volt 70 Skalenteile. Als die Elektroden 40 mm voneinander entfernt waren, wurde ein Ausschlag von 55 Skalenteilen erhalten. Aus diesen und anderen Messungen geht hervor, dass der Einfluss der Entfernung der Elektroden voneinander nur gering ist; mit zunehmender Entfernung nimmt der Ausschlag des Elektrometers ab.

Da in dieser Beziehung sich der Phosphor genau so verhält, wie die aktinoelektrischen Körper, z. B. amalgamiertes Zink, bei der Belichtung[1]), so schien es nicht ausgeschlossen, dass das bei der Oxydation entwickelte violette und ultraviolette Licht die negative Elektrizität zerstreue und dadurch die Ausschläge des Elektrometers hervorrufe. Um diese Annahme, welche allerdings nicht sehr wahrscheinlich war, da die Ausschläge gleichgross waren, gleichgültig ob die untere Platte positiv oder negativ geladen war, zu prüfen, wurde das Phosphorgläschen in Stanniol gehüllt, so dass das Metall weit über den Rand des Gläschens hervorragte. Es wurde nun letzteres auf die Platte C gelegt und C einmal negativ, das andere Mal positiv geladen. In beiden Fällen waren die Ausschläge gleichgross. Da der Phosphor, wie deutlich zu erkennen war, nur an der Oberfläche leuchtete, so konnte kein Licht die obere Platte B treffen. Hätten wir es bei diesem Vorgang mit der Zerstreuung der negativen Elektrizität durch Licht zu thun, so hätte man, wenn C negativ geladen war, einen starken Ausschlag, bei positivem C, gar keinen beobachten müssen. Aus der Gleichheit folgt, dass das durch Phosphor hervorgerufene Leitvermögen der Luft nicht auf Zerstreuung der negativen Elektrizität durch das die Oxydation des Phosphors begleitende violette Licht zurückgeführt werden kann.

Andere Beobachtungen, bei denen die negative Elektrode durch undurchsichtige Schirme gegen das Licht abgeblendet waren, ergaben das nämliche.

Beziehung zwischen Stromstärke und Oxydationsgeschwindigkeit. Zur Messung dieser Beziehung wurde der folgende Apparat benutzt. Ein kleines Gefässchen von ungefähr 50 ccm Inhalt wurde unten durch einen Gummistopfen geschlossen. Seitwärts befanden sich die Elektroden, von denen die eine mit dem einen Pol der Batterie, deren anderer Pol zur Erde abgeleitet war, verbunden war, während die andere zum Elektrometer führte. Mit dem Gefässchen war ein Manometer M verbunden.

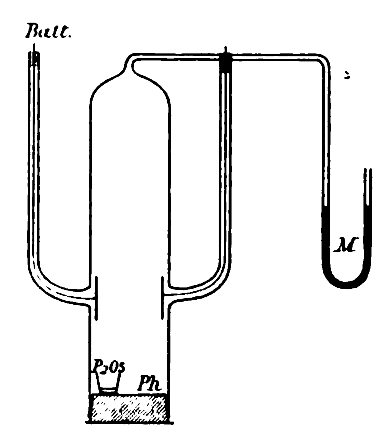


Fig. 2.

Auf den Stopfen befand sich ein Gefäss mit Phosphorsäureanhydrid, um das Gefäss zu trocknen, und mehrere Phosphor enthaltende Glasröhrchen. Das Ganze befand sich, um die Temperatur konstant zu halten, in einem Wasserbade. Es wurde nun von Zeit zu Zeit der Ausschlag des Elektrometers und der Druck im Apparat gemessen. Über die erhaltenen Resultate giebt die folgende Tabelle Auskunft, in der Druck die Differenz des Druckes im Apparat im Vergleich zu dem ausserhalb und Zeit die nach Beginn des Versuches verflossene Zeit bedeuten.

Tabelle II.

E. M. K.	Ausschlag	Druck	Zeit
40 Volt	160	0 mm	0 Stunde
80	323	0	0
40	156	8	0,5
80	297	8	0,5
40	135	14	1,3
80	282	14	1,3
40	133	19	2
80	270	19	2
40	120	25	6
80	249	25	6
40	111	27	8
80	232	27	8
40	51	32	17
80	106	32	17

1) Siehe A. G. Stoletow, Physical Rev. 1, 756, 1892.

Aus der Tabelle geht deutlich hervor, dass mit abnehmendem Druck, also mit abnehmendem Sauerstoff die Leitfähigkeit der Luft abnimmt.

Viel sicherer als durch diese quantitativen Messungen kann man sich von dem Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Oxydation durch qualitative Versuche übetzeugen. Leitet man in die Flasche (Fig. 1) allmählich Kohlensäure odes Stickstoff, so nimmt der Ausschlag des Elektrometers ab, um auf Null zu sinken, sobald aller Sauerstoff verdrängt ist. Gleichzeitig hört auch das Glimmen des Phosphors auf. Verbindet man mit einem Braunschen Elektrometer eine metallische Schale und wirft auf die letztere, nachdem das Ganze auf ein hohes Potential geladen ist, ein erbsengrosses Stück Phosphor, so schwindet die Ladung in ganz kurzer Zeit. Hüllt man den Phosphor in feuchtes Fliesspapier oder feuchte Leinwand, so dass der Sauerstoff keinen Zutritt zu dem Phosphor hat, so bleibt die Ladung des Elektrometers erhalten. Aus diesen Versuchen ist daher der Schluss zu ziehen: die Oxydation des Phosphors ist die Bedingung für die Leitfähigkeit der Luft.

Beziehung zwischen E. M. K. und Ausschlag bezw. Stromstärke. Bekanntlich nimmt bei durch Röntgen- oder Uranstrahlen ionisierter Luft die Stromstärke mit wachsender E. M. K. anfangs rasch zu, um bei ungefähr 80—100 Volt einen konstanten Wert anzunehmen. Steigert man die E. M. K., so bleibt die Stromstärke dieselbe; es ist der sogenannte „Sättigungsstrom" erreicht. Ganz anders verhält sich die durch Phosphor leitend gemachte Luft. Auf die Schale *C* (Fig. 1) wurde ein kleines Stückchen Phosphor gelegt und nun auf- und absteigend die E. M. K. und der dazu gehörige Ausschlag abgelesen (2 Volt = 30 Skalenteile).

Tabelle III.

E. M. K.	*i*
80 Volt	40
160	89
240	157
316	201
392	250
470	284
392	261
316	201
280	184
200	124
80	34

Es wurde ein Phosphorgläschen auf die Schale gelegt und das Elektrometer viel unempfindlicher gemacht.

E. M. K.	*i*
240 Volt	10
480	18
1000	34
1480	74
2000	94
1480	70
1000	28
480	12

Trotz der Unregelmässigkeiten zeigen die Zahlen deutlich, dass ein Sättigungsstrom nicht vorhanden ist. Es lässt sich dies nicht durch mangelhafte Isolation erklären, da dieser Umstand nur bewirkt hätte, dass meine Ausschläge besonders bei den hohen E. M. K. zu klein geworden wären.

Um dieses Ergebnis noch auf andere Weise zu prüfen, wurde die Flasche (Fig. 1) mit Stanniol innen ausgelegt und ebenso zwischen den Stützen *C* und *B* auf den Kork Stanniol befestigt, welches zur Erde abgeleitet wurde. Nachdem trockene Luft in die Flasche geleitet war, wurde auf *C* etwas Phosphor gebracht und nun die Stromstärke bei verschiedener E. M. K. gemessen.

Tabelle IV.

E. M. K.	*i*	Mittel
80 Volt	5	8
240	30	29
500	70	60
1000	80	76
1500	90	85
2000	96	90
1500	80	—
1000	72	—
500	49	—
2000	74	—
240	28	—
80	11	—

Die Fig. 3 giebt die Resultate der Tabellen

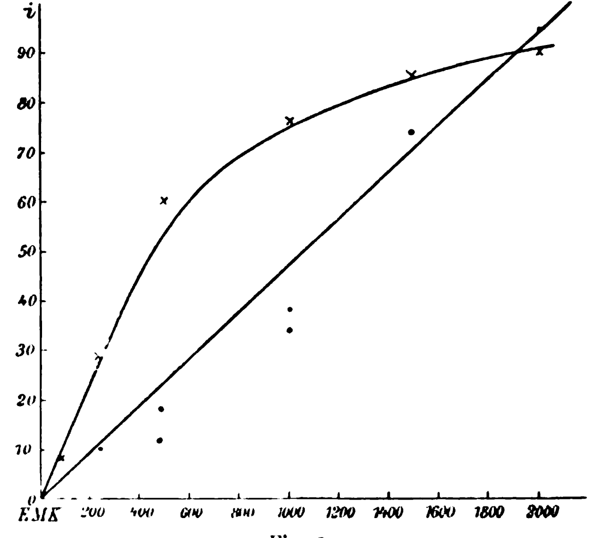


Fig. 3.

III und IV wieder. Ein Blick auf die Figur zeigt, dass beide Beobachtungsreihen nicht miteinander übereinstimmen. Wenn man aber erwägt, dass die Isolationsfehler bewirken, dass namentlich bei hohen E. M. K. die Stromstärken zu klein werden, so ergiebt sich aus den Tabellen mit Sicherheit, dass selbst bei 2000 Volt der Sättigungsstrom noch nicht erreicht ist.

Ich verzichte darauf, noch andere Beobachtungsreihen mitzuteilen, da sie alle ganz analog waren; teils verliefen sie bis 2000 Volt beinahe geradlinig, teils schwach gekrümmt, so dass die beiden Kurven als Typen meiner Versuchsergebnisse gelten können. Soweit nicht Isolationsfehler in Betracht kommen, wird sich der Grund für dieses Verhalten aus dem Folgenden ergeben.

Vergleich der durch Phosphor hervorgerufenen Ionisation der Luft mit der durch Röntgenstrahlen bewirkten. Die Thatsache, dass kein Sättigungsstrom mit dem Phosphor erhalten wurde, glaubte ich anfangs darauf zurückführen zu müssen, dass die Anzahl der gebildeten Ionen bezw. Elektronen sehr gross sei. Es schien daher von besonderem Interesse, die Anzahl der Ionen bezw. die Leitfähigkeit der durch Phosphor „ionisierten" Luft mit der durch Röntgenstrahlen ionisierten zu vergleichen. Zu dem Zweck wurde ein Braunsches Elektrometer mit einer wohlisolierten kupfernen Schale leitend verbunden und darauf nach der Ladung auf 2000 Volt ein erbsengrosses Stück Phosphor fallen gelassen. In kurzer Zeit sank die Ladung auf Null und zwar ebenso schnell bei positiver als bei negativer Ladung. Es wurde darauf nach Entfernung des Phosphors die Schale mit Röntgenstrahlen bestrahlt. Es ergab sich, dass die Leitfähigkeit in beiden Fällen die gleiche war, wenn die Röntgenröhre in einer Entfernung von 3 m sich von der Schale befand. Im letzteren Falle wurde ein Sättigungsstrom bei 80 Volt erhalten, beim Phosphor war dagegen, wie aus dem vorigen Abschnitt hervorgeht, selbst bei 2000 Volt noch kein Anzeichen einer Sättigung zu beobachten. Hieraus geht deutlich hervor, dass beide Vorgänge voneinander verschieden sind und dass die durch Phosphor der Luft erteilte Leitfähigkeit nicht auf eine Ionisation zurückgeführt werden darf.

Phosphornebel. Wenn Phosphor verbrennt bezw. sich langsam oxydiert, so entstehen: Phosphoroxyd, Pentoxyd, phosphorige Säure, Phosphorsäure (vielleicht auch Phosphordioxyd), alles feste Stoffe, die eine Zeitlang in der Luft schweben und sich allmählich zu Boden setzen.

Es schien jetzt, da die durch Phosphor ionisierte Luft sich ganz anders verhält, als die durch Röntgenstrahlen ionisierte, nicht ausgeschlossen, dass die Leitfähigkeit der Luft nur davon herrührte, dass die letztere mit gutleitenden Staubteilchen infolge der Oxydation gesättigt wurde, die das Elektrometer in bekannter Weise lüden bezw. bei anderen Versuchen entlüden.

Um dies zu prüfen, wurde in einem verdunkelten Zimmer ein Lichtstrahl zwischen BC (Fig. 1) gesandt, während auf der Platte C ein Stückchen Phosphor sich befand. Solange die Platte nicht geladen war, stieg ein Nebel von dem Phosphor in die Höhe, senkte sich gewöhnlich, bevor die obere Platte erreicht war, und fiel zu Boden oder schlug sich an die Wand nieder. Sobald nun eine E. M. K. angelegt wurde, sah man ganz deutlich, wie dieser Nebel sich gerade aufrichtete und an der oberen Platte endigte. Zu gleicher Zeit wurden auch von der oberen Platte Teilchen nach der unteren geschleudert. Sobald die Leitung zu C unterbrochen wurde, senkte sich der Nebel wieder, um bei plötzlich angelegter E. M. K. wie eine vulkanische Eruption emporgeschleudert zu werden. Hand in Hand änderten sich hiermit die Ausschläge des Elektrometers. Ja aus dem Aussehen des Nebels, der Dicke, ob die Oxydation von einem oder mehreren Oxydationsherden ausgeht u. s. w. kann man mit Sicherheit die Grösse des Ausschlags voraussagen; treffen zwei Wolken die Platte, so ist der Ausschlag grösser als bei einer; dasselbe ist der Fall, wenn die Wolke dick ist u. s. w. Erregt man einen Luftzug, so dass die Zahl der von der unteren Platte auf die obere geschleuderten Teilchen geringer wird, so nimmt der Ausschlag ab.

Nach dem Vorhergehenden schien es schon ausserordentlich wahrscheinlich, dass die scheinbare Leitfähigkeit der Luft nur von kleinen Staubteilchen herrührte. Gleichwohl glaubte ich, diese Annahme auch in anderer Weise bestätigen zu müssen. Der Stopfen wurde nun noch zweimal durchbohrt und zwischen die Teller BC ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr KL, so wie es die Fig. 4 zeigt, eingeführt. Ein zweites Glasrohr wurde mit der Wasserstrahlluftpumpe

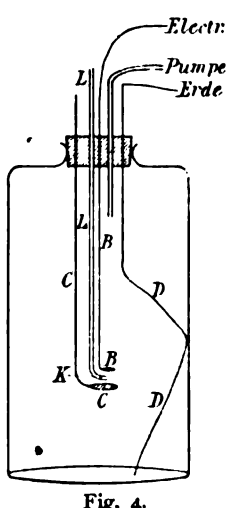


Fig. 4.

in Verbindung gesetzt, so dass ein langsamer Luftstrahl durch *LK* gezogen werden konnte. Es wurden nun zunächst die Ausschläge gemessen, während sich kein Phosphor auf der Schale befand; die Zahlen stehen in der nachfolgenden Tabelle unter I; darauf wurde ein Stückchen Phosphor auf *C* gelegt und wiederum die nach 30 Sekunden eingetretenen Ausschläge gemessen (Reihe II). Darauf wurde der Phosphor in die Glasröhre bei *K* gelegt (Reihe III); jetzt wurde ein langsamer Luftstrom durch *LK* geleitet (Reihe IV), wobei deutlich zu sehen war, wie der Phosphornebel hin- und herwirbelte; schliesslich wurde die untere Öffnung von *LK* bei *K* durch einen lose ansitzenden Asbest- bezw. Glaswollepfropfen verschlossen, welcher alle feste Teilchen zurückhielt, so dass kein Nebel zu sehen war (Reihe V).

Tabelle V.

	I	II	III	IV	V
80 Volt	4	180	40	30	2
160	10	240	70	50	2
240	16	340	90	75	3
500	20	a. d. Gesichtsf.	120	130	3

Aus der Tabelle geht deutlich hervor, dass, sobald der Nebel verschwunden ist, die Leitfähigkeit der Luft ebenfalls verschwindet. Bei der Reihe II, bei der die Ausschläge am grössten sind, war deutlich zu erkennen, wie der Nebel emporgeschleudert wurde; bei III und IV senkten sich die Teilchen auf die Platte *C* und wurden dann erst nach *B* hinübergeführt; ihre Zahl war viel geringer, als im vorhergehenden Fall, infolgedessen ist der Ausschlag auch kleiner. Sobald keine festen Teilchen mehr zu sehen sind, ist der Ausschlag Null (Reihe V).

Rührt die entladende Wirkung des Phosphors von den festen Oxydationsprodukten her, so war vorauszusehen, dass jeder Rauch sich ähnlich wie Phosphornebel verhalten würde. Es wurde jetzt auf die Schale *C* eine glimmende Cigarette gebracht; nach Anlegung einer E. M. K. wurde hier der Rauch emporgeschleudert, wenn auch nicht in so deutlicher Weise wie beim Phosphor. Die Flasche füllte sich mit Rauch, welcher allmählich aus der Flasche entwich. Es wurden folgende Ausschläge erhalten:

Tabelle VI.

E. M. K. = 500 Volt.

Zeit	Ausschlag
0	130
nach 2 Minuten[1])	50
„ 7 „	20
„ 15 „	2

1) Nachdem die Cigarette erloschen war.

Aus der Tabelle geht hervor, dass auch Rauch das Elektrometer zu entladen vermag[1]), und ferner, dass die Elektrometerausschläge kleiner werden, je mehr der Rauch aus der Flasche verschwindet.

Sind es die festen Oxydationsprodukte des Phosphors, welche entladend wirken, so war vorauszusehen, dass es gelingen müsste, eine Entladung hervorzurufen, wenn man die Flasche mit dem Phosphornebel füllte. Dies war in der That der Fall; denn nachdem man ein erbsengrosses Stück Phosphor in der Flasche verbrannt hatte, zeigte das Elektrometer einen grossen Ausschlag, der allmählich zurückging, während gleichzeitig die festen Teilchen zu Boden fielen oder sich an den Wänden niederschlugen (siehe Tabelle VII). Ganz ähnlich wie dieser Phosphornebel verhält sich Salmiaknebel. Der letztere wurde erzeugt, indem durch zwei gesonderte Flaschen, von denen die eine konzentrierte HCl-, die andere konzentrierte NH_3-Lösung enthielt, ein Luftstrom durchgeblasen wurde. Die beiden Gase vereinigten sich in einer dritten Flasche und wurden von dort in die Versuchsflasche (Fig. 1) übergeführt. In der nachfolgenden Tabelle bedeutet Zeit die Zeit nach Füllung der Versuchsflasche mit Salmiak bezw. Phosphornebel.

Tabelle VII.

Zeit	Phosphor	Salmiak
0	130	80
2 Min.	125	70
17	87	40
22	71	33
42	44	16

Deutlich erkennt man aus der Tabelle, wie mit dem Verschwinden des Nebels die Ausschläge kleiner werden.

Aus diesen Versuchen schliesse ich, dass **die entladende Wirkung des Phosphors nur von den staubförmigen Oxydationsprodukten desselben herrühren.** Auf Grund dieser Vorstellung erklären sich die oben erhaltenen Resultate, sowie die Versuchsergebnisse von Barus folgendermassen. Ist die Oberfläche doppelt so gross, so bilden sich doppelt soviel Staubteilchen und damit wird die entladende Wirkung verdoppelt. Bei Zunahme der E. M. K. laden sich die Teilchen auf ein höheres Potential und es wird infolgedessen mehr Elektrizität zwischen den Elektrodenplatten *B* und *C* in der Zeiteinheit übergeführt. Dass es unter besonderen Umständen möglich ist, einen Sättigungsstrom zu erhalten, indem man Luft über Phosphor streichen lässt und dadurch die festen Oxyda-

1) Nach meinen Versuchen scheint der Phosphornebel stärker entladend zu wirken als gewöhnlicher Rauch. Es rührt dies wohl sicherlich daher, dass die Oxydationsprodukte des Phosphors gute Leiter der Elektrizität, die Rauchteilchen der Cigarette dagegen wohl schlechte Leiter sind.

tionsprodukte desselben mit fortreisst, welche an den Elektroden haften, liegt auf der Hand. Dass im allgemeinen bei allen Versuchen mit Phosphor unregelmässige Resultate erhalten werden, versteht sich von selbst, da die Oxydation und damit die Staubbildung von einer Reihe von unkontrollierbaren Umständen abhängt.

Man könnte noch annehmen, dass sich ausser den festen Oxydationsprodukten noch Elektronen bilden, die aber z. B. bei dem letzten Versuch (S. 480) in der Glaswolle zurückgehalten werden, so dass sie nicht entladend wirken können. Hiergegen lässt sich einwenden, dass nach den Versuchen von Townsend die aus chemischen Prozessen stammenden Ionen bezw. Elektronen sogar durch Schwefelsäure hindurchgeleitet werden können, ohne vernichtet zu werden. Erwägt man ferner, dass bei keiner anderen Oxydation, wo gasförmige Oxydationsprodukte entstehen, auch nur eine Spur von Leitfähigkeit entdeckt worden ist[1]), erwägt man ferner, dass die die Luft leitend machenden Teilchen durch Papier und alle anderen festen Körper zurückgehalten werden, so liegt der Schluss nahe, dass auch bei der Oxydation des Phosphors keine Ionen oder Elektronen entstehen, sondern dass die durch die Oxydation des Phosphors hervorgerufene Leitfähigkeit eine nur scheinbare ist, welche von der Konvektion der Elektrizität durch die festen, nebelförmigen Oxydationsprodukte herrührt.

1) Siehe Barus, l. c.

Erlangen, physikal. Institut, 22. Juni 1902.

(Eingegangen 24. Juni 1902.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

Hermann Frahm (Hamburg), Neue Untersuchungen im Schiff- und Schiffsmaschinenbau auf der Werft von Blohm & Voss.[1])

Das Thema, welches ich heute zu behandeln habe, lautet nach Programm ganz allgemein: „Neue Untersuchungen im Schiff- und im Schiffsmaschinenbau." Es lag demgemäss in meiner Absicht, Sie in dem Rahmen dieses Vortrages mit einer Reihe von Untersuchungen bekannt zu machen, die in den letzten Jahren auf der hiesigen Werft resp. auf den hier erbauten Dampfern zur Ergründung bisher nicht genügend bekannter Vorgänge im Betriebe von Schiffen bezw. von Schiffsmaschinen zur Durchführung gelangt sind.

Im Laufe der Bearbeitung des Vortrages kam ich jedoch zu der Überzeugung, dass es nicht möglich sein würde, in der für denselben zur Verfügung stehenden Zeit das vorhandene Material zu bewältigen und ein auch nur annähernd klares Bild von sämtlichen Untersuchungen zu geben. Ich entschloss mich daher, Beschränkung zu üben und nur einen Gegenstand, den dafür aber etwas gründlicher zu behandeln.

Bevor ich mich demselben zuwende, möchte ich mit Rücksicht auf die hier arrangierte Ausstellung von Instrumenten und Apparaten (s. Fig. 1), wenigstens kurz die Untersuchungen aufzählen, über welche ich ursprünglich die Absicht hatte, Ihnen vorzutragen.

Es sind dies: Erstens Messung von Zug und Scheerspannungen in den am ungünstigsten beanspruchten Konstruktionsteilen von Schiffskörpern (vornehmlich in den Decksaufbauten), vorgenommen bei Gelegenheit von Stapelläufen, zu dem Zwecke, um Schlüsse zu ziehen auf die Grösse der bei schwerer See in den Schiffskörpern auftretenden Beanspruchungen. Die Apparate, mit denen diese Spannungen gemessen wurden, finden sie am Ende des Tisches aufgestellt, ebenso einen Teil der gewonnenen Diagramme.

Weitere Versuche wurden in grösserem Massstabe ausgeführt zur Bestimmung der Reibungsverhältnisse von Propellerwellen in dem hinteren Sternrohrlager, mit besonderer Berücksichtigung verschiedener Gleitgeschwindigkeiten und verschiedener Lagermaterialien, als Pockholz, Rotguss, Weissmetall, wobei ausserdem die verschiedensten Mischungen von Schmiermaterialien und zwar vom klaren Seewasser bis zu reinem Öl zur Erprobung gelangten. Drüben am Tische finden Sie die Photographie von den Versuchseinrichtungen sowie eine Reihe von Tafeln mit Schaulinien, welche die gewonnenen Ergebnisse wiedergeben.

Andere Versuche betreffen die Ermittlung der momentanen Schiffsgeschwindigkeiten auf Probefahrten, unter Benutzung der sogenannten Dutchman-log-Methode, welche darin besteht, dass vom Bug des Schiffes aus treibende Körper ins Wasser geworfen werden, deren Durchgang

1) Abteilung 3, 25. Sept. 1901.

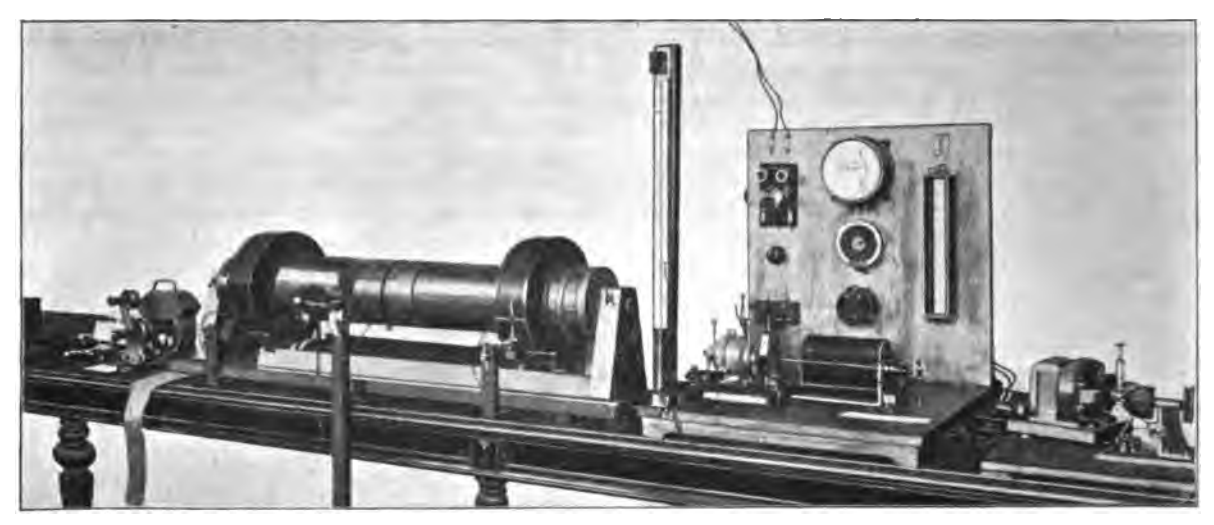


Fig. 1.

durch zwei querschiffs, möglichst weit voneinander entfernt angeordnete Visierlinien beobachtet wird, um aus der zwischen den Durchgängen verfliessenden Zeit und der Entfernung der beiden Visierlinien die Schiffsgeschwindigkeit auf einfache Weise zu berechnen. Das bisher erlangte Material harrt noch der Durcharbeitung. Die benutzten Apparate, bestehend aus den Visierinstrumenten und dem elektrisch bethätigten Zeitmesser, sind ebenfalls auf dem Tische ausgestellt.

Schliesslich seien noch Versuche erwähnt, die angestellt wurden, um die Eigenschwingungszahl eines Schiffskörpers auf experimentelle Weise festzustellen.

Sie sehen hier ein senkrecht aufgehängtes Modell, welches in einem reduzierten Massstab über seine ganze Länge genau denselben Verlauf der Trägheitsmomente sowie der Massen zeigt, wie das zu untersuchende Schiff. Aus der sorgtältig durch Messung bestimmten Schwingungszahl des Modells wird diejenige des zugehörigen Schiffes gefunden, einfach durch Multiplikation mit einer aus den Massstäben des Modells zu ermittelnden Verhältniszahl.

Die wichtigsten und bei weitem umfangreichsten Forschungsarbeiten der letzten Jahre beziehen sich auf die experimentelle Untersuchung der in rotierenden Schiffswellen beim Betriebe auftretenden dynamischen Kraftwirkungen mit besonderer Berücksichtigung der möglichen Resonanzschwingungen.

Dieses Thema habe ich nun speziell für den heutigen Vortrag ausgewählt, indem ich von der Voraussetzung ausging, dass dasselbe den Herren Teilnehmern von besonderem Interesse sein würde.

Schon seit langen Jahren hat der Schiffsmaschinenbau mit rätselhaften Brüchen von Schrauben- und Tunnelwellen zu kämpfen gehabt, die sich auf Seedampfern zum Teil bei vollkommen ruhigem Wetter ereigneten und für welche eine stichhaltige Erklärung etwa durch die Voraussetzung fehlerhaften Materials oder die Annahme, dass die Schraubenflügel gegen treibende Hindernisse geschlagen hätten, nicht gefunden werden konnte. Die Bruchflächen der gebrochenen Wellen zeigten hin und wieder eigenartige Verdrehungsstrukturen, die vermuten liessen, dass bei der Zerstörung ungeheuere Drehkräfte mit im Spiele gewesen sein müssten.

Woher sollten diese nun kommen?

Die durch den Dampfdruck erzeugten Drehkräfte konnten es direkt nicht sein, denn dieselben überschreiten selten um mehr wie 50% den Mittelwert. Es blieb nur übrig, bisher nicht genügend erkannte Kraftwirkungen dynamischer Natur als die hauptsächlichste Ursache jener Zerstörungen anzunehmen.

Von verschiedenen Seiten war schon auf die Möglichkeit des Auftretens von sogenannten Resonanzschwingungen in den Wellenleitungen hingewiesen worden, doch waren dieses nur Mutmassungen, die zunächst noch jeder positiven Unterlage entbehrten.

Um diese Unterlage nun zu beschaffen, wurde von den Herren Blohm & Voss im November 1899 der Entschluss gefasst, auf dem Wege des Experiments die Vorgänge in den Wellenleitungen studieren zu lassen und wurde mir die ehrenvolle Aufgabe zu teil, die erforderlichen Versuche vorzunehmen. Von dem angegebenen Termin an wurden dieselben regelmässig bei Gelegenheit von Probefahrten durchgeführt.

Bevor ich auf die Beschreibung der Versuchseinrichtungen eingehe, möchte ich kurz die Punkte berühren, auf deren Klarstellung es ankommt.

Wie Ihnen bekannt sein dürfte, ist auf grossen Seedampfern die Entfernung zwischen der kraft-

abgebenden Maschine und den kraftaufnehmenden Propellern meistens eine recht beträchtliche. Es ist daher einleuchtend, dass die verbindende Wellenleitung nicht mehr als ein starres Maschinenelement, sondern gleichsam als eine — je nach den Abmessungen — mehr oder weniger elastische Torsionsfeder aufzufassen ist, welche durch das von der Maschine aus an den Propeller abgegebene Drehmoment unter Spannung gehalten wird. Würde man es mit einem vollkommen gleichmässig laufenden Antriebsmotor zu thun haben, wie es beispielsweise ein Elektromotor oder eine Dampfturbine ist, so würde das ganze System (inklusive Propeller) gleichmässig rotieren, die Übertragungswelle würde unter konstanter Torsionsspannung stehen und demgemäss auch eine konstante Verdrehung erleiden.

Anders wird die Sachlage sofort, wenn die in der Maschine wirkende Drehkraft Schwankungen unterworfen ist, wie sie bei Dampfmaschinen mit hin- und hergehenden Kolben unvermeidlich sind. In diesem Falle treten in den Wellenleitungen ebenfalls Schwankungen in den Torsionsspannungen und demgemäss auch in den Verdrehungen und weiterhin in den Drehgeschwindigkeiten auf, die jedoch keineswegs, wie man fast allgemein anzunehmen geneigt ist, den Schwankungen der durch die Kolbendrucke an die Kurbeln abgegebenen Drehkräfte proportional sind. Sie nehmen vielmehr infolge der Wechselwirkung zwischen den angreifenden Drehkräften und den durch die Wellenleitung von bestimmter Elastizität verbundenen Massenanhäufungen in der Maschine und dem Propeller Werte an, deren rechnerische Vorherbestimmung recht schwierig und umständlich ist.

Einer korrekten Durchführung dieser Rechnung stand bisher, und zwar besonders für die später zu behandelnden kritischen Tourenzahlen, die mangelnde Kenntnis des Gesetzes der Widerstandsänderungen des Propellers bei Geschwindigkeitsschwankungen entgegen. Über letzteren Punkt, sowie vornehmlich über die Grösse der Schwankungen in den Torsionsspannungen der Wellen bei verschiedenen Tourenzahlen sollten nun die Versuche Klarheit bringen.

Der Entwurf der für die letzteren zutreffenden Einrichtungen geschah nach folgenden Gesichtspunkten.

Zunächst galt es, die Torsionsbeanspruchungen der Wellenleitungen zu bestimmen und zwar der Grösse und dem Verlaufe nach. Dieses konnte dadurch geschehen, dass punktweise für eine ganze Maschinenumdrehung die momentanen Wellenverdrehungen, aus denen ja die Torsionsspannungen sich direkt rechnerisch herleiten lassen, in ihrer absoluten Grösse gemessen bezw. fixiert wurden. Zur weiteren Verwertung der so gewonnenen Daten war es ferner erforderlich, gleichzeitig die zugehörigen Geschwindigkeitsschwankungen des ganzen Systems und zwar für die Maschine und den Propeller getrennt aufzunehmen.

Es bedurfte erst langwieriger Vorversuche, um brauchbare Versuchseinrichtungen zu schaffen. Das schliesslich als zweckmässig sich ergebende Versuchsverfahren ist folgendes.

Um zwei möglichst weit voneinander entfernte bequem zugängliche Flanschen der zu untersuchenden Wellenleitung werden besonders präparierte, papierdünne Zinkblätter gelegt und entsprechend befestigt. Gegen jedes dieser Zinkblätter kann ein feiner Platinstift gedrückt werden, welcher an dem Ende eines zurückklappbaren Hebels befestigt ist. Der letztere hat seinen Drehpunkt auf einer vermittelst festgelagerter Schraubenspindel parallel zur Welle verschiebbaren Mutter. An einer passenden Stelle des Wellentunnels, möglichst in der Nähe eines Messflansches, wird nun ein mit Tourenregelung versehener kleiner Elektromotor aufgestellt, auf dessen Achse zwei vollkommen gleiche besonders konstruierte Kontaktscheiben angeordnet sind, zu dem Zwecke zwei getrennte elektrische Stromkreise synchron in genau gleichen Zeiträumen zu unterbrechen bezw. zu schliessen. Diese Stromkreise führen von der Plusleitung des Schiffsnetzes unter Vorschaltung entsprechender Widerstände durch die Unterbrechungsvorrichtungen zu den beiden Platinstiften und weiterhin, falls die letzteren gegen die Flanschen gelegt sind, durch die Zinkstreifen zum Minuspol. Die Zinkblätter sind auf chemischem Wege mit einer elektrisch leitenden, schwärzlichen Oxydschicht derart empfindlich überzogen, dass die Platinstifte bei Durchgang des Stromes bleibend sichtbare Striche ziehen, welche bei Stromunterbrechung sofort verschwinden.

Der Hergang bei Vornahme der Versuche ist nun folgender:

Zunächst wird bei abgestoppter Maschine und oben stehendem Hochdruckkolben die relative Lage der beiden Platinstifte zu der spannungslosen Nulllage der Welle auf den Zinkstreifen genau markiert, wobei besondere Sorgfalt aufgewendet werden muss, die Welle in einen von Torsionsspannungen wirklich freien Zustand zu bringen. Dieses machte bei den ersten Versuchen wegen der unkontrollierbaren Reibung in den Wellentraglagern sowie in der Sternrohrstopfbüchse viele Schwierigkeiten, bis schliesslich ein Ausweg dadurch gefunden wurde, dass die Lage der Platinstifte zweimal markiert wird, und zwar einmal nachdem die Welle vermittelst der Maschinendrehvorrichtung nach vorwärts, das andere Mal nachdem sie nach rückwärts gedreht ist. Das sich aus den beiden Marken ergebende Mittel kann mit vollem Rechte

als für den spannungslosen Zustand der Welle geltend angesehen werden. Der Vorsicht halber wird diese Bestimmung der Nulllage mehrere Male wiederholt.

Nach dieser Vorbereitung wird mit dem eigentlichen Versuch gewartet, bis die Maschine längere Zeit bei der zu untersuchenden Tourenzahl im Beharrungszustand gelaufen hat. Ist dieses der Fall, so wird zunächst der Unterbrecher auf Touren gebracht und der Strom für die beiden Stromkreise eingeschaltet. Dann legen auf ein gegebenes Zeichen hin die an den beiden Messflanschen postierten Personen die Platinstifte gegen die mit den Flanschen rotierenden Zinkblätter und bewirken gleichzeitig durch Drehen der kleinen Schraubenspindeln ein Vorschieben der Stifte parallel zur Wellenachse. Auf ein zweites Zeichen hin werden dieselben wieder abgehoben. Die Stifte ziehen somit auf den Zinkblättern gleichlaufende Spirallinien, welche jedoch infolge der Wirkung des elektrischen Unterbrechers nur als mehr oder weniger lang gestrichelte Linien sichtbar werden.

Diese gestrichelten Linien beziehungsweise deren Anfangspunkte[1]) geben uns nun alles, was wir brauchen. Zunächst ermöglichen sie, die Kurve der Geschwindigkeiten der Welle in den Ebenen der beiden Messflanschen aufzutragen. Hierbei ist der leitende Gesichtspunkt der, dass die Entfernungen zwischen den Strichanfangspunkten genau gleichen Zeiten entsprechen. Die Geschwindigkeitskurven können somit einfach dadurch gefunden werden, dass von einer den Verlauf der Zeit darstellenden Abszissenachse jene Entfernungen zwischen den Anfangspunkten als Ordinaten aufgetragen und darauf durch die Endpunkte derselben Kurven gezogen werden. Die Massstäbe für dieselben lassen sich rückwärts aus der mittleren Diagrammhöhe und der Tourenzahl der Welle leicht berechnen. Die Kurven für die beiden Messflanschen werden zweckmässig übereinander gezeichnet, wobei darauf zu achten ist, dass die der Zeit nach zusammengehörigen Ordinaten von den gleichen Punkten der Abszissenachse aus abgetragen werden.

Weiterhin ergeben sich die Verdrehungen der Welle und damit indirekt die Torsionsspannungen aus den Zinkblattdiagrammen auf folgende Weise: Die Zinkstreifen werden so nebeneinander gelegt, dass die für den spannungslosen Zustand und obenstehende Hochdruckkurbel gezogenen Markierlinien genau übereinander liegen. Dann stellen die relativen Verschiebungen der zeitlich zugleich entstandenen Strichanfangspunkte auf beiden Streifen die momentanen Verdrehungen der Welle zwischen den Messflanschen dar. Diese Verdrehungen können ähnlich wie die Geschwindigkeitskurven graphisch zu einer Kurve verzeichnet werden, welche die Schwankungen in dem Verlauf des Drehmomentes klar zum Ausdruck bringt.

Aus der mittleren Höhe dieser Kurve lässt sich übrigens, sobald als Abszissen die Wege im Flanschumfang genommen sind, das mittlere übertragene Drehmoment und weiterhin die an den Propeller abgegebene Arbeitsleistung leicht berechnen. Allerdings ist hier Voraussetzung, dass der in der Formel vorkommende Elastizitätsmodul für Schub für das in Frage stehende Wellenmaterial bekannt ist. Um auch hier jegliche willkürliche, nicht genügend belegte Annahme auszuschliessen, wurden von seiten der Firma Blohm & Voss bei den drei bedeutenden Werken: Fried. Krupp, Bochumer Verein und Gewerkschaft Witkowitz je drei Probewellen bestellt, welche in der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg zwecks Bestimmung des Schubelastizitätsmoduls Torsionsversuchen unterworfen wurden. Diese Versuche ergaben, dass der Modul bei dem fraglichen Material überraschend wenig schwankt und ziemlich scharf den Mittelwert 828000 kg pro qcm annimmt. Auf Grund dieser Zahl wurde nun bei einer Reihe von Schiffsmaschinen die effektive Leistung und weiterhin das Verhältnis derselben zu der gleichzeitig bestimmten indizierten Leistung, d. h. der mechanische Wirkungsgrad, ermittelt.

Es ist dies, meines Wissens, das erste Mal, dass es gelungen ist, bei Maschinen von mehreren tausend Pferdestärken die sogenannten Bremspferdekräfte mit Genauigkeit festzustellen. Das angegebene Verfahren, welches, kurz gefasst, darin besteht, dass die Übertragungswelle selbst als Torsionsdynamometer benutzt wird, lässt sich nur bei Schiffsmaschinen mit ihren langen elastischen Wellenleitungen zur Durchführung bringen. Die bei den einzelnen Maschinen festgestellten Wirkungsgrade schwanken hauptsächlich zwischen 92 und 88 Proz. Nur in besonderen Fällen und zwar vornehmlich bei den später behandelten kritischen Tourenzahlen wurden noch niedrigere Werte, bis zu 82 Proz. herunter, festgestellt. Den Genauigkeitsgrad dieser Art der Bestimmung der effektiven Leistung schätze ich auf 0,5 bis 1 Proz.

Indem ich mich nunmehr wieder den Versuchen selbst zuwende, möchte ich nochmals hervorheben, dass der hauptsächliche Zweck derselben in der Erforschung der Resonanzschwingungen bestand. Diese Resonanzschwingungen kommen zu stande, sobald die Periodenzahl der Schwankungen im Tangentialdruckdiagramm gleich oder angenähert gleich ist

---

1) Die Endpunkte mit zu benutzen empfiehlt sich aus dem Grunde nicht, weil die Genauigkeit derselben infolge der unvermeidlichen Funkenbildung bei Unterbrechung des elektrischen Stromes mehr oder weniger ungünstig beeinflusst wird.

der Eigenschwingungszahl der Welle. Die letztere lässt sich einfach berechnen nach der Formel

$$n_e = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{G\cdot J_0\cdot(J_1+J_2)}{l\cdot J_1\cdot J_2}},$$

worin J_1 und J_2 die Trägheitsmomente der in der Maschine bezw. im Propeller rotierenden Massen, J_0 das polare Trägheitsmoment des Wellenquerschnitts, l die Länge der Welle und G den Elastizitätsmodul für Schub bezeichnet.

Die Periodenzahl der Tangentialdruckschwankungen ergiebt sich direkt aus der jeweiligen Tourenzahl der Maschine, sie ist entweder gleich $\frac{1}{1}$, $\frac{2}{1}$ oder $\frac{3}{1}$ etc. der letzteren. Wenn hier von Schwankungen schlichtweg gesprochen wird, so sind in Wirklichkeit damit die harmonischen, d. h. nach dem Sinusgesetz verlaufenden Kurven gemeint, in welche sich jedes, auch das unregelmässigste Tangentialdruckdiagramm nach Massgabe des Fourierschen Theorems zerlegen lässt.

Wir nennen diese Kurven in der Folge: harmonische Grundkurven I., II. und III. etc. Ordnung, je nachdem sie die selbe, die doppelte, dreifache etc. Periodenzahl haben, wie die Wellenumdrehungen. Weiterhin wollen wir die Umdrehungszahlen der Maschinen als kritische I., II., III. etc. Ordnung bezeichnen, je nachdem die Eigenschwingungen erregt werden durch die harmonischen Grundkurven I., II., III. etc. Ordnung.

An einem Beispiel möge dieses näher erläutert werden. Die Eigenschwingungszahl der Welle des Einschraubendampfers „Besoeki" beträgt nach Rechnung: 252. Dann ist die kritische Tourenzahl

$$\text{I. Ordnung} = \frac{252}{1} = 252$$

$$\text{II. „} = \frac{252}{2} = 126$$

$$\text{III. „} = \frac{252}{3} = 84$$

$$\text{IV. „} = \frac{252}{4} = 63$$

u. s. w.

Von diesen kritischen Tourenzahlen liegen nur diejenigen III. und IV. Ordnung in dem Bereiche der möglichen Umdrehungen.

Auf der Probefahrt des betreffenden Dampfers ist es nun gelungen, fast genau bei der kritischen Tourenzahl III. Ordnung 83 die vorhin eingehend beschriebenen Versuche vorzunehmen. Auf der hier aufgestellten Tafel I (Fig. 1) hat das Versuchsmaterial Verarbeitung gefunden, und zwar stellt die untere Kurve in vergrössertem Massstabe die Wellenverdrehungen und

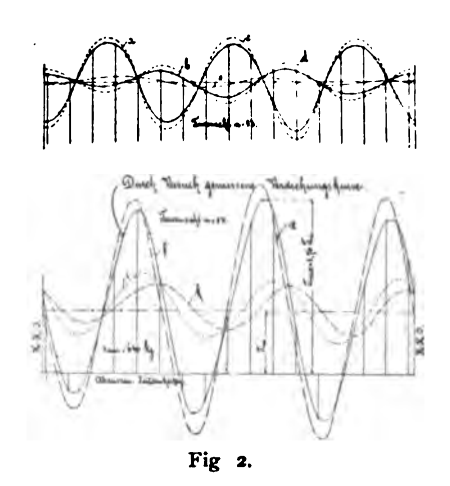


Fig 2.

zugleich den Verlauf der an den Propeller abgegebenen Torsionsmomente dar.

Die Geschwindigkeiten der Welle in den Messflanschebenen sind oben auf der Tafel I als Kurven *a* und *b* abgetragen und erkennt man sofort, dass einem Maximum in der vorderen Flanschebene genau ein Minimum in der hinteren entspricht.

Aus den Geschwindigkeitskurven der beiden Flanschen lassen sich nun diejenigen in einem beliebigen Wellenquerschnitt einfach durch Interpolation finden. In Fig. 2 sind nach dieser Methode die Kurven für die mittlere Maschinen- sowie die Propellerebene ermittelt und mit punktierten Linien eingetragen. Ferner ist die Geschwindigkeitskurve für denjenigen Wellenquerschnitt punktiert eingezeichnet, welcher an den Schwingungen nicht teilnimmt. Bei vollkommen homogenen Wellen würde dieser Querschnitt, wir nennen ihn den indifferenten Querschnitt, mit dem Schwerpunkte der Propellermasse und der rotierenden Maschinenmassen zusammenfallen, während seine Lage bei Wellen mit variablem Durchmesser, wie es in Wirklichkeit immer der Fall ist, so berechnet werden muss, dass das von ihm nach vorn liegende Wellenstück mit den Maschinenmassen dieselbe Eigenperiode hat, wie das nach hinten gelegene mit der Propellermasse.

Sie sehen auf den ersten Blick an der Grösse der Geschwindigkeits- bezw. Verdrehungsschwankungen, dass das ganze System gewaltige Schwingungen ausführt, die sich an der im Betriebe befindlichen Maschine dem Auge des Beschauers entzogen und welche erst durch die Versuche unter Benutzung der momentanen Wirkung des elektrischen Stromes ans Licht gezogen werden konnten. Wie mächtig die Schwingungen sind, geht am klarsten aus dem Verdrehungsdiagramm hervor. Dasselbe zeigt, dass die Welle während einer Umdrehung dreimal bis auf circa das Dreifache des mittleren Wertes angespannt wird, um

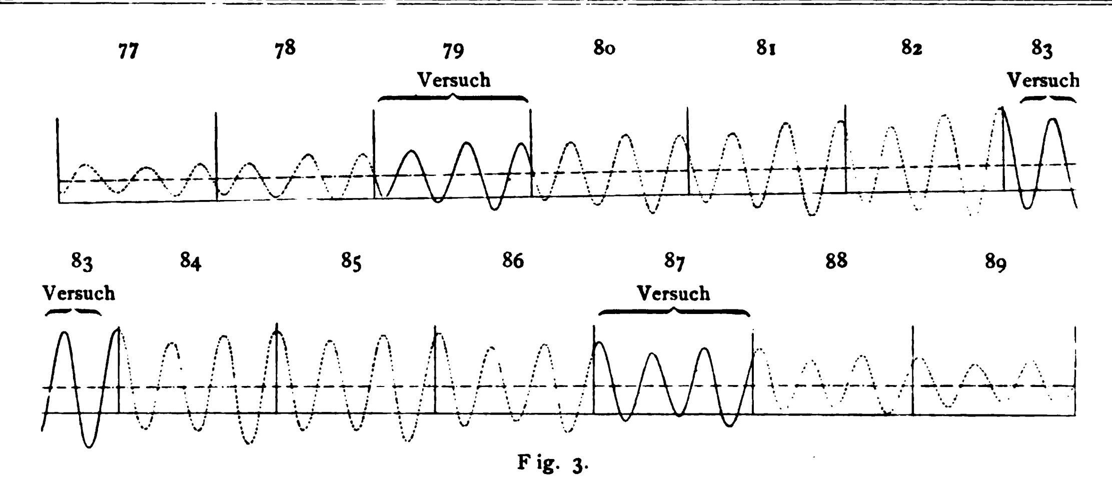


Fig. 3.

eben so oft wieder über die spannungslose Nulllage bis weit ins Negative zurück zu schwingen. Sie sehen also, dass zeitweilig sogar ein Mitschleppen der Maschine durch den Propeller erfolgt und dass die Welle wechselnde Beanspruchungen erleidet, die weit über das zulässige Mass hinausgehen, und welche bei längerer Dauer sehr wohl die Ursache von Brüchen werden können.

Eine offene Frage ist nun zunächst die, ob und wie weit das Auftreten dieser Schwingungen an eine bestimmte Tourenzahl gebunden ist. Auch hierüber haben uns teils die Versuche, teils theoretische Berechnungen Klarheit gebracht. Auf Fig. 3 ist für den Einschraubendampfer „Radames" der Verlauf der Torsionsmomente für verschiedene Tourenzahlen, und zwar von 77 ansteigend bis zu der kritischen III. Ordnung, welche bei 83 liegt und darüber hinaus bis zu 89, graphisch aufgetragen.

Es geht aus dieser Darstellung hervor, dass es eine stark ausgeprägte kritische Tourenzahl gar nicht giebt, indem die Schwingungen schon bei den nächst niederen bezw. höheren Tourenzahlen einen bedrohlichen Charakter annehmen.

Die Konsequenzen, welche wir hieraus ziehen, bestehen vor allen Dingen darin, bei Neuanlagen die Wellen so zu dimensionieren, dass die kritischen Tourenzahlen der Maschine um mindestens 10 Umdrehungen von den normalen entfernt liegen.

Von Interesse dürfte noch eine lediglich auf dem Wege der Rechnung erfolgte Bestimmung des Verlaufes der Torsionsschwankung sein, deren Ergebnisse als Kurve Z in das durch die Versuche gewonnene Diagramm auf Fig. 2 eingetragen ist. Man sieht aus der leidlich guten Übereinstimmung der Kurven, dass es möglich ist, auch auf diesem Wege die Torsionsschwankungen sowohl der Grösse als der Phase nach mit genügender Genauigkeit zu bestimmen. Es sei dabei allerdings bemerkt, dass die Rechnung ziemlich zeitraubend ist und von dem sie Ausführenden einen nicht geringen Grad von Vertrautheit mit der Theorie der erzwungenen Schwingungen verlangt.

Auch war es nötig, bevor die Rechnung durchgeführt werden konnte, das bereits erwähnte Gesetz der Widerstandsänderungen des Propellers bei Geschwindigkeitsschwankungen zu bestimmen. Für eine ganze Reihe von Maschinenanlagen wurde zu diesem Zwecke unter Benutzung des Prinzips von d'Alembert aus den durch die Versuche gewonnenen Verdrehungs- bezw. Geschwindigkeitskurven die Widerstandskurven des Propellers rückwärts ermittelt und gefunden, dass die Widerstände nicht, wie man bisher glaubte annehmen zu müssen, mit dem Quadrat, sondern durchschnittlich mit der 3,8 Potenz der Geschwindigkeiten schwanken.

Dabei stellte sich in allen Fällen die Notwendigkeit heraus, zu den berechneten Massenträgheitsmomenten des Propellers Zuschläge in Höhe von 20 bis 35 Proz. zu machen, um das Wasser zu berücksichtigen, welches von den Flügeln bei der Rotation mitgerissen wird.

Der Gang der rein theoretischen Rechnung ist kurz folgender:

Zunächst wird das Tangentialdruckdiagramm, welches unter Berücksichtigung der Beschleunigungen der hin- und hergehenden Massen aufgezeichnet ist, auf dem Wege der sogen. harmonischen Analyse in die harmonischen Grundkurven zerlegt, wie es beispielsweise auf Tafel II für den S. S. „Besoeki" geschehen ist. Dann wird für jede einzelne dieser Grundkurven, welche ja harmonisch schwingende Kräfte darstellen, das Bewegungsgesetz der Welle, und zwar besonders die relativen Verdrehungen der beiden Endquerschnitte zu einander bestimmt, wobei die Dämpfungskonstante für den Propeller aus dem oben angedeuteten Widerstandsgesetze zu ermitteln ist. Aus den auf diese Weise gefundenen Einzelbewegungen findet man die wirkliche, indem man jene zu einer

Resultierenden zusammensetzt, welche in dem vorliegenden Falle durch die vorhin erwähnte Kurve Z auf Fig. 2 dargestellt wird.

Ich möchte noch hervorheben, dass die eben skizzierte theoretische Methode im Prinzipe bereits in dem hervorragenden Werke „Dynamik der Kurbelgetriebe" von Prof. Lorenz-Göttingen zur Anwendung empfohlen worden ist, doch besteht ein wesentlicher Unterschied darin, dass von meiner Seite die aus dem Widerstandsgesetz sich ergebende Dämpfung der Propellerbewegung, welche besonders in der Gegend der kritischen Touren von ausschlaggebendem Einfluss ist, Berücksichtigung findet, während in dem angezogenen Werke die Dämpfung vernachlässigt ist

Es ist noch meine Absicht, Ihnen den praktischen Gang der Versuche an einem hier aufgestellten, der Wirklichkeit nachgebildeten Wellenmodell zu demonstrieren. Vorher möchte ich jedoch auf zwei Hilfsmittel aufmerksam machen, deren Konstruktion und Herstellung im Laufe der Versuche nötig wurde.

Es ist dies zunächst ein Apparat zur direkten Feststellung der kritischen Tourenzahl an einer im Betriebe befindlichen Maschine. Das Prinzip desselben besteht kurz darin, dass die relativen Schwankungen einer kleinen, von der zu untersuchenden Welle angetriebenen Schnurscheibe gegenüber einer gleichmässig rotierenden Schwungmasse durch entsprechende Mechanismen auf einen Schreibstift übertragen werden, welcher dieselben auf ein bewegtes Papierband aufschreibt. Der Apparat leistet also gewissermassen dasselbe für die Schwingungen rotierender Wellen, wie der bekannte Schlicksche Pallograph für die Vibrationen von Schiffskörpern. Die praktische Benutzung geschieht in der Weise, dass man die Maschine allmählich schneller laufen und von Umdrehung zu Umdrehung durch den Apparat die Torsionsschwankungen aufzeichnen lässt. Diejenige Umdrehungszahl, bei welcher die grössten Schwankungen auftreten, ist dann eine kritische.

Auf diese Weise ist es mehrfach gelungen, die lediglich durch Rechnung bestimmte kritische Tourenzahl zu kontrollieren, wobei sich immer eine vorzügliche Übereinstimmung mit der Wirklichkeit ergeben hat.

Fig. 4 zeigt beispielsweise die auf dem Besoeki mit dem Apparat genommenen Diagramme.

Ein weiteres wichtiges Instrument ist ein Tourenmesser mit Angabe in die Ferne. Die Neukonstruktion eines solchen stellte sich als notwendig heraus, weil die bisher bekannten Tachometer an einen bestimmten Aufstellungsort gebunden sind, der sich für bequeme, direkte Ablesung meistens nicht eignet.

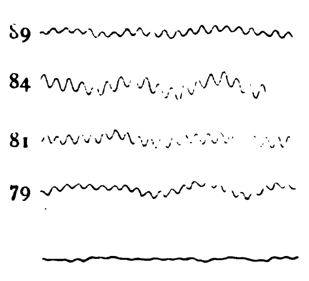


Fig. 4.

Die neue Tachometerkonstruktion dürfte insofern Ihr besonderes Interesse erregen, als bei derselben die sogenannten Resonanzschwingungen, deren schädliche Wirkung in den Wellen der Schiffsmaschinen wir kennen gelernt haben, nutzbringende Verwendung gefunden haben.

Ich habe hier auf dem Tische einen solchen Apparat aufstellen und an eine unserer mehrere 100 m entfernten Betriebsmaschinen anschliessen lassen. Sie sehen an dem Apparat (siehe Figur 5) neben einer Skala eine Reihe von weissen Quadraten, die sich von einem dunklen Hintergrunde scharf abheben. Diese Quadrate sind in Wirklichkeit die Enden von Stahlfedern verschieden abgestimmter Schwingungszahl, welche auf einer elastisch befestigten Oszillationswelle montiert sind. Diese Welle nun wird auf elektromagnetischem Wege durch Wechselströme, die von der Maschine aus erzeugt werden, in schwach oszillierende Bewegungen versetzt, die sich sämtlichen Federn zwar mitteilen, aber nur diejenige zu kräftigem Ausschwingen bringt, deren Eigenperiode mit der momentanen Periode des Wechselstromes übereinstimmt. Sie können an dem am meisten in die Breite gezogenen Quadrat erkennen, dass die ferne Betriebsmaschine augenblicklich 82 Umdrehungen macht.



Fig. 5.

Der von der Maschine bethätigte kleine Wechselstromgenerator besitzt weder Bürsten noch Schleifringe, er wirkt lediglich durch reine Induktion. An einem hier aufgestellten gleichartigen Motor können sie die Konstruktion studieren.

Die Zeit erlaubt es mir leider nicht, auf

weitere interessante Einzelheiten, die mit diesem neuartigen Tourenmesser zusammenhängen, einzugehen. Es sei mir nur gestattet, darauf hinzuweisen, dass derselbe allem Anschein nach nicht nur für wissenschaftliche Untersuchungen, wie im vorliegenden Fall, sondern vornehmlich auch für praktische Zwecke sehr geeignet und eventuell berufen ist, eine bisher sehr empfundene Lücke im Baue von elektrischen Messapparaten auszufüllen.

Nunmehr möchte ich Ihnen die eingangs erwähnten Versuche vorführen. (Folgt Demonstration mit kurzen Erläuterungen.)

Bevor ich schliesse, drängt es mich, meiner Mitarbeiter zu gedenken und zwar möchte ich vornehmlich Herrn Regierungsbauführer Dauner nennen, der mir besonders bei der zeichnerischen Verarbeitung des Versuchsmaterials, von dem ich Ihnen leider nur einen winzigen Bruchteil vorlegen konnte, wacker beistand, sowie Herrn Lüdders, den praktischen Vorstand unserer elektrischen Abteilung, dem die Anfertigung der Apparate und Instrumente oblag.

Sollte es mir nun gelungen sein, Ihnen durch meine Ausführungen ein auch nur ungefähres Bild davon gegeben zu haben, wie heutzutage auf einer modernen Werft auch in wissenschaftlicher Beziehung gearbeitet wird, so würde ich den Zweck meines Vortrages als vollkommen erreicht ansehen.

(Eingegangen 14. Mai 1902.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Bernstein, Julius, Die Kräfte der Bewegung in der lebenden Substanz. gr. 8. IV u. 28 S. 1902. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. —.80.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1901. Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 57. Jahrgang. Erste Abtheilung, enthaltend Physik der Materie. Redigirt von Karl Scheel. gr. 8. XXXIX u. 421 S. 1902. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 17.—.

Gleichen, A., Lehrbuch der geometrischen Optik. Mit 251 Figuren im Text. gr. 8. XIV u. 511 S. 1902. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner. Gebunden M. 20.—.

Tagesereignisse.

Die Akademie der Wissenschaften zu Berlin hat auf ihrem diesjährigen Leibniztage folgende Preisaufgabe, die neue dieses Jahres um den 5000 M.-Preis gestellt: „Nach den übereinstimmenden Ergebnissen neuerer Forschung betrachtet man die Kathodenstrahlen und ebenso die Becquerel-Strahlen als Schwärme äusserst schnell bewegter elektrisch geladener Partikel. Es ist wahrscheinlich, dass die nämlichen Partikel auch bei der gewöhnlichen Elektrizitätsleitung in Gasen und in Metallen, ebenso auch bei der Emission und Absorption des Lichtes die Hauptrolle spielen. Gewünscht werden neue, mit theoretischer Erläuterung verknüpfte Messungen, wodurch die Kenntnisse von den Eigenschaften jener Partikel in wesentlichen Punkten erweitert werden." Die Bewerbungsschriften können in deutscher, lateinischer, französischer, englischer und italienischer Sprache abgefasst sein und sind bis Ende 1904 einzuliefern.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Der Adjunkt am ersten chemischen Laboratorium in Wien Dr. Rud. Wegscheider wurde zum o. Professor der Chemie an der Universität Wien, der Privatdozent der Meteorologie Dr. Trabert in Wien zum o Professor der kosmischen Physik in Innsbruck, der Privatdozent Dr. Hillebrand in Wien zum a. o. Professor der Astronomie in Graz, die Privatdozenten der Chemie Dr. E. Roos-Freiburg i. Br. und Dr. F. Feist-Kiel zu Professoren, der Betriebschemiker an der Bergakademie in Freiberg Schiffner von der königl. Muldener Schmelzhütte zum a. o. Professor für Hüttenkunde, der Privatdozent für Mathematik an der Freiburger Hochschule Dr. A. H. Löwy zum a. o. Professor, der a. o. Professor der pharmazeutischen Chemie an der Universität Berlin Dr. Thoms zum Leiter der pharmazeutisch-chemischen Universitätsanstalt in Dahlem ernannt.

Professor Dr. H. Minkowski, Dozent für höhere Mathematik am Züricher Polytechnikum, hat einen Ruf an die Universität Göttingen, der Professor der analytischen Chemie Wilhelm Wislicenus in Würzburg einen Ruf als o. Professor an die Universität Tübingen angenommen.

Der Professor der Chemie Dr. A. Werner-Zürich und der a. o. Professor für Chemie an der Universität München Dr. Karl Hofmann erhielten einen Ruf nach Basel.

Der König von England hat aus Anlass der Krönung einen neuen Verdienstorden gestiftet und zunächst 12 Mitglieder desselben ernannt, darunter die Männer der Wissenschaft Lord Rayleigh und Lord Kelvin.

Das Kuratorium der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie beschloss, Professor Slaby zur Förderung seiner Versuche über Funkentelegraphie 20000 M. und Professor Linde für Versuche zum Studium der Ausflusserscheinungen der Gase 10000 M. zu überweisen.

Dem Professor der Physik an der technischen Hochschule in Karlsruhe Dr. Otto Lehmann wurde der Titel Geheimer Hofrat verliehen.

An der technischen Hochschule in Berlin habilitierte sich der Realgymnasial-Oberlehrer Dr. Gleichen für Physik, an der technischen Hochschule in Karlsruhe der Ingenieur K. Kriemler für technische Mechanik, an der königl. Bergakademie zu Freiberg der Assistent am chemischen Laboratorium Hütteningenieur Dr. phil. Theodor Döring für Chemie, an der technischen Hochschule Karlsruhe Dr. Paul Ettner für chemische Technologie, an der Universität Marburg der Regierungsrat am Patentamt Professor Dr. A. Reissert für Chemie, an der Universität Heidelberg Dr. Weber für Physik, an der technischen Hochschule in Berlin Dr. Arndt für physikalische Chemie.

An Stelle des erkrankten Professor Dr. Leopold Gegenbauer an der Universität Wien wird Professor Dr. Tauber für das Sommersemester über Elemente der Differential- und Integralrechnung lesen.

Abgelehnt hat der a. o. Professor Dr. Disteli in Karlsruhe den Ruf auf den ordentlichen Lehrstuhl der darstellenden Geometrie an der technischen Hochschule in Wien, der Professor der Mathematik an der Universität Göttingen Dr. Hilbert den an ihn ergangenen Ruf an die Berliner Universität und Professor Beckmann in Leipzig den Ruf als Leiter der in Dahlem neu erbauten pharmazeutisch-chemischen Anstalt.

Gestorben sind der frühere Minister Astronom Faye von der Akademie der Wissenschaften zu Paris, der o. Professor der Physik Dr. Pier Maria Garibaldi in Genua, der Professor der Mathematik an der technischen Hochschule zu Karlsruhe Hofrat Dr. Schröder, der Professor der Chemie an der Universität Edinburgh Iveson Macadam (von einem Portier der Universität erschossen).

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 21. | 1. August 1902. | 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 22 am 6. August 1902.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Eine neue Fallmaschine.

Von J. J. Taudin Chabot.

Unter den Einzelheiten, welche sich an der von Poggendorff eingerichteten Fallmaschine oder Wage beobachten lassen, nennt derselbe an erster Stelle [1]): „Die Zu- oder Abnahme des Gewichtes eines einzigen Körpers, je nachdem er gehoben oder gesenkt wird." Dieser Satz ist offenbar in dem Sinne zu deuten, dass die Gewichtsänderung besteht, solange eine Bewegungsvariation vor sich geht, und zwar als Funktion des Inkrements der Geschwindigkeit; erscheint das Inkrement konstant, so erhält gleichfalls die Gewichtsänderung einen konstanten Wert, unterliegt es auch seinerseits einem, sei es gleichförmigem oder ungleichförmigem, positivem oder negativem Wachstum, so wechselt die Gewichtsänderung ihre Grösse.

Diese Verhältnisse — in den noch immer seltenen Fällen, dass sie überhaupt Beachtung finden — werden erkennbar, wenn man, wie es eben Poggendorff bekanntlich that, Atwoodsche Fallmaschine und Wage geeignet kombiniert: die Schnur zum Anhängen der Fallkörper läuft über zwei Rollen, befindlich je am Ende und in der Drehachse eines Wagebalkens, dessen anderes Ende eine Tariervorrichtung trägt. Eintretender positiver Fall (Abwärtsbewegung) über die Rolle am Wagearmende verursacht ein Steigen, eintretender negativer Fall (Aufwärtsbewegung) ein Sinken dieses Armes — beide Male als Ausdruck statthabender positiver Acceleration. Führt man die positive in eine negative Beschleunigung über —, etwa indem man das am Schnurende über der Mittelrolle hängende Gewicht in Form einer Aluminiumplatte nach Zurücklegen einer gewissen Bahnstrecke einen mehr oder weniger kräftigen Magnetkreis rechtwinklig schneiden lässt — so muss im Augenblicke, wo der Wert des Inkrements der Geschwindigkeit durch Null geht, der Wagebalken zur Ruhe kommen, um, sogleich wenn die Acceleration negativ geworden ist, nach der entgegengesetzten Seite wie vorhin auszuschlagen.

Aus dem engen Wirkungsbereich der Fallmaschinen üblicher Konstruktion — im Hinblicke zunächst auf den letztbezeichneten Versuch, der sich nicht ohne weiteres ausführen lässt — tritt nun das nachfolgend beschriebene Instrument heraus: es will die Beobachtung nach zwei Seiten gleich bequem gestalten und sie von zeitlicher Beschränkung infolge des Ablaufes einer Schnur befreien.

Zwei Rotationskörper, einzeln drehbar um die Achsen m und m_1, Fig. 1, gemeinsam und in un-

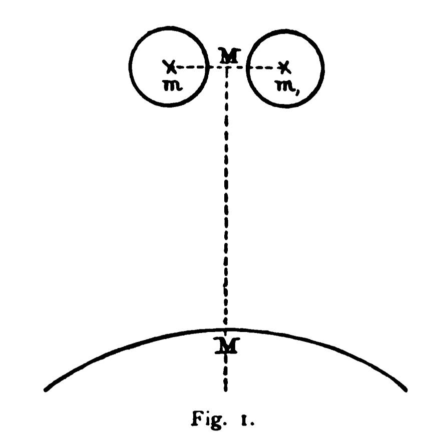


Fig. 1.

veränderter gegenseitiger Achsenlage um M, äquidistant zwischen m und m_1, stehen mit einer dritten Masse, M_1, in Schwerkraftwechselwirkung. Rotieren erstgemeinte beide Massen, so nähert sich kontinuierlich von jeder die eine Hälfte der dritten Masse, entfernt sich die andere Hälfte

1) Pogg. Ann. 92, 181, 1854, nach den Monatsberichten der Berl. Akad., Nov. 1853.

von ihr: folglich ist Einleiten der Rotation, d. h. Erzeugen einer beschleunigten Bewegung, wenn beiderseits gleichsinnig, für das Doppelsystem $m—m_1$, äquivalent einer Schwerpunktsverschiebung, die bei jedem Winkel zwischen den Geraden $m M m_1$ und $M M_1$ normal zu dieser letzten, mithin in einer Niveaufläche des Schwerkraftfeldes, sich erstreckt. Hieraus erhellt, dass bei unveränderter Lage des Drehungsmittelpunktes M relativ zu m und zu m_1 eine eigene Rotation des Doppelsystems als Ganzes in die Erscheinung treten muss: es umkreisen die Massen m und m_1 einander so lange, wie die positive oder negative Beschleunigung der eigenen Achsendrehung einer jeden von ihnen fortbesteht. Ist diese Beschleunigung gleichförmig — wenn negativ, etwa indem die Rotation, einmaligem Anstosse entsprungen, durch Reibung allmählich gedämpft wird —, so resultiert eine konstante drehende Kraft, welche ihrerseits eine gleichförmig beschleunigte Rotation des Doppelsystems bewirkt, d. h. die Dauer eines Umlaufes seiner Komponenten, m und m_1, zunehmend verkürzt. Die Umlaufsgeschwindigkeit erreicht ein Maximum im Augenblicke, wo die Achsendrehungsgeschwindigkeit der beiden Massen Null wird, und es hängt lediglich von der relativen Grösse der m und m_1 zusammenhaltenden Kraft ab, ob diese Massen in dem Augenblicke auseinanderstreben, d. h. ob das zweigliedrige System $m—m_1$ sich dann auflöst, bezw. das dreigliedrige $m—m_1—M_1$ seine Konfiguration ändert, oder nicht. — Ungleichsinnige Achsendrehung der Komponenten des Systems $m—m_1$ verlangt einerseits positive Acceleration, andererseits negative — bezw. allgemein ungleiche — Beschleunigungen, damit der Umlauf des Systems als Ganzes zu stande kommt.

Der abgebildete Apparat Fig. 2 dürfte jetzt ohne weiteres verständlich sein: er gestattet die in

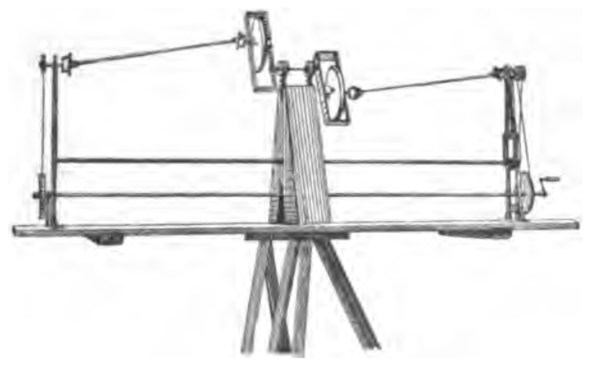


Fig. 2.

gleichen Richtungen von Hand bewirkten Rotationen um m und m_1 positiv oder negativ zu beschleunigen, folglich, bei Schwerkraftwechselwirkung mit Erde, das Doppelsystem als Ganzes im einen oder im anderen Sinne in Umdrehung zu versetzen.

Damit auf diese Drehung nicht die in der Figur kennbaren schrägen Übertragungsachsen durch das Mittel der Lagerreibung Einfluss üben, haben dieselben entgegengesetzte Drehrichtungen, während einerseits eine kleine Zahnradübersetzung dennoch gleichsinnige Rotation der beiden Massen, Bleischeiben, gewährleistet. — Die Entfernung $m M = m_1 M$ lässt sich verschieden einstellen; demnach sind die Übertragungsachsen ausziehbar und mit je zwei Cardanischen Gelenken versehen, wobei zu beachten, dass jedes Gelenkepaar, soll die Bewegungsübertragung gleichförmig sein, den spiegelbildartigen gegenseitigen Stand seiner zwei Elemente verlangt (andernfalls, bei verschränktem gegenseitigem Stande, muss eine gleichförmige Bewegung bei solcher Übertragung zu einer ungleichförmigen, wenn auch gesetzmässig schwankenden werden, die Gleichförmigkeit wird erst wieder nach einer Übersetzung elliptischer Zahnräder zu erreichen sein).

Den Gesamtkomplex der Erscheinungen erschöpfend zu zeigen, reicht indessen auch das beschriebene Modell, bei dem ich Wert auf einfachen Bau und Antrieb mit der Hand legte. noch nicht aus; dazu muss wohl die Elektrizität als Triebkraft gewählt, müssen Elektromotoren verwendet werden. Vorausgesetzt, dass sodann nicht der Beobachtenden sich das Empfinden bemächtigt, irgend eine „geheimnisvolle" Wirkung eben der Elektrizität sei im Spiele, werden auf diesem Wege die Versuche besonders instruktiv sein.

Das Instrument bestünde aus weiter nichts, als aus zwei selbstangehenden, eventuell mit Schwungrädern ausgestatteten Synchronmotoren, je am Ende eines vollständig im Kreise drehbaren Wagebalkens, für jede Neigung genau äquilibriert und über Schleifkontakte oder Rollen (etwa die Antifriktionsrollen zur Achsenlagerung des Wagebalkens) mit den ruhenden Stromkreisteilen kommunizierend. Die zwei Kreise mögen von einer Gleichstromquelle abgezweigt sein über drehbare Kommutatormechanismen, welche man mit gleichen oder ungleichen Beschleunigungen, in gleichen oder ungleichen Richtungen drehen kann. Entsprechend der jeweiligen Kombination, der die rotierenden Massen der Elektromotoren folgen müssen, wird die Bewegung des Wagebalkens sich gestalten.

Verbindet man schliesslich mit jedem Kommutator eine Vorrichtung, welche die Umdrehungsgeschwindigkeit, somit auch die Geschwindigkeit der Achsendrehung einer jeden von beiden äquilibrierten Massen, als lineare Grösse zum Ausdrucke bringt [1]), so wird dem

1) Vgl meine Mitteilung in dieser Z. 3, 331, 1902: „Es

Umlaufe dieser Massen umeinander, bezw. der Rotation des Doppelsystems als Ganzes, stets eine Variation jener beiden Grössen entsprechen, und zwar wird bei konstanter Differenz der beiden Grössen die Achsendrehung der Massen beiderseits gleiche, bei inkonstanter ungleiche Richtung haben.

lässt sich . . . ., bei bekanntem Werte für g, die Tourenzahl T nach Gleichung (3) durch einfache Längenmessung bestimmen."

Degerloch (Wttbg.), den 13. Juni 1902.

(Eingegangen 18. Juni 1902.)

Über die photographische Wirkung von Silber und Halbbromsilber in Bromsilber-Emulsion.

Von E. Baur und Th. Portius.

§ 1. Es ist bekannt, dass eine photographische Platte an Empfindlichkeit gewinnt, wenn sie einer geeigneten, schwachen, diffusen Vorbelichtung ausgesetzt wird. Auch sind die überreifen schleiernden Gelatine-Emulsionen überaus hochempfindlich.

Wird anerkannt, dass das primäre Einwirkungsprodukt des Lichtes auf die photographische Platte in Halbbromsilber besteht, so wird man auch die Reifung (abgesehen von der notorischen Kornvergrösserung) als eine beginnende Reduktion zu Halbbromsilber zu betrachten haben. Es entsteht nun die experimentelle Aufgabe, nachzuweisen, dass eine Bromsilber-Emulsion, welche absichtlich mit einer dosierten Menge Halbbromsilber versetzt wurde, in der That empfindlicher ist als eine sonst gleiche Platte, welche bestimmt kein Halbbromsilber enthält.

Zur Lösung dieser Aufgabe haben wir Versuche mit Kollodion-Emulsionen angestellt, über die wir im folgenden berichten wollen. Wir bebeschränkten uns auf Kollodion-Emulsion, um die unkontrollierbare Einwirkung der Gelatine auf Bromsilber auszuschalten.

§ 2. Es gelingt, kolloides Silber in Kollodion aufzulösen, wenn man das aus Silbernitrat mit Natriumcitrat in bekannter Weise gefällte und mit absolutem Alkohol gewaschene Gel des Silbers in wenig Wasser aufnimmt, dann soviel Alkohol und Äther zusetzt, als die Lösung, ohne gefällt zu werden, verträgt, und schliesslich Kollodion zusetzt. Man kann sich so unschwer ein Silberkollodion herstellen mit einem Gehalt von 0,2 Proz. Silber. Diese Lösung ist purpurrot und vollkommen beständig.

Das Silberkollodion versetzten wir dann mit einer frisch bereiteten Lösung von Brom in Alkohol und bemassen dabei die Menge des Broms so, dass, auf Bromsilber berechnet, 1 Proz. Silber im Überschuss blieb. Es entstand dabei eine kolloide Lösung einer Mischung von Bromsilber mit Halbbromsilber, die wir ferner als Photobromid-Kollodion bezeichnen wollen. Die Lösung ist von rein violetter Farbe und ebenso beständig wie das Silberkollodion.

Das chemische Verhalten solcher Photobromidlösungen ist in einigem bemerkenswert. Setzt man Brom im Überschuss zu, so vergehen mehrere Stunden, bis (im Dunkeln) die Lösung durch völlige Überführung des Halbbromids in Bromsilber weiss geworden ist. Dasselbe konstatiert man an wässeriger Photobromidlösung, welche aus wässerigem Silbersol und Bromwasser herzustellen ist. Die Bildung des Bromsilbers aus $Ag_2 Br$ gehört demnach zu den langsamen Reaktionen.[1]) Dieser Umstand scheint von Wichtigkeit für die Konservierung des Lichteindruckes in der photographischen Platte. Das im Licht abgespaltene Brom findet nach Schluss der Exposition genügend Zeit, um wegzudiffundieren, ehe es vom gebildeten Halbbromid resorbiert wird. Es ist dies wohl insofern von Wichtigkeit, als die Bindung des Broms durch Gelatine wohl auch nicht momentan verläuft, und weil eine gewisse Zeit nötig ist, um das Brom aus dem Inneren des Bromsilberkornes nach der umgebenden Gelatine gelangen zu lassen.

Versetzt man wässerige Photobromidsol mit verdünnter Gelatinelösung und bewahrt die Mischung im Dunkeln, so nimmt man im Verlauf von einigen Wochen eine Entfärbung der violetten Lösung wahr. Sie geht in ein graustichiges Weiss über, indem offenbar das Halbbromsilber durch die Gelatine zu Silber reduziert wird. Die Langsamkeit dieses Vorganges legt den Schluss nahe, dass eine belichtete Bromsilber-Gelatineplatte nicht Silber, sondern Halbbromsilber enthalte, und dass ersteres nur in Platten anzunehmen sei, welche nach der Belichtung unentwickelt längere Zeit gelagert haben.

Zusatz von Eisenvitriol zu Photobromidsol reduziert dasselbe nicht; dagegen tritt auf Zusatz von Natriumacetat zum Eisenvitriol in wenigen Augenblicken eine totale Reduktion des Photobromids zu kolloidem, in der Durchsicht braungelbem, in der Draufsicht absinthgrünem, Silber ein.

Setzt man etwas Photobromid-Kollodion in einem Reagensglase so lange dem Tages- oder Sonnenlichte aus, bis dasselbe genügend erstarrt ist, um durch geeignetes Schütteln dem Reagensglas als Gallertcylinder entnommen werden zu können und führt einen Querschnitt durch den letzteren, so sieht man das Photobromid im Inneren des Cylinders zu Bromsilber oxydiert, indem im Licht abgespaltenes Brom vom Lichte weg ins Innere wanderte und dort gebunden

1) Vergl. Luther, Z. f. phys. Chem. 30, 659.

wurde. Die Erscheinung bildet ein Analogon zu dem Versuche von Scholl[1]) mit einer Jodsilber-Silberplatte.

Photochloridlösungen haben eine mehr rotviolette Farbe und verhalten sich sonst dem Photobromid entsprechend. — Versetzt man Silbersol mit wässeriger Jodlösung, so bemerkt man keinen Farbenumschlag, der auf ein Halbjodsilber schliessen liesse, auch tritt die Verzögerung in der Aufnahme der letzten Prozente Halogen, wie sie für das Photobromid oben beschrieben wurde, hier nicht ein.

Photobromid-Kollodion lässt sich durch Eingiessen in Wasser ausfällen und, nachdem es getrocknet ist, in Äther-Alkohol leicht zu derjenigen Konzentration auflösen, wie es für den Guss genügend dichter photographischer Platten erforderlich ist.

So hergestellte Platten sind natürlich in photographischen Entwicklern ohne Belichtung entwickelbar. Unter dem Mikroskope zeigen sie vor und nach der Entwickelung die gleiche feinkörnige Textur, wie sie auch bei feinen, ungereiften Bromsilber-Emulsionen vorkommt.

§ 3. Es war nun ursprünglich unsere Absicht, mit dem Gehalt von dergleichen synthetisch hergestellten Photobromiden an Ag_2Br allmählich soweit herabzusteigen, dass photographisch brauchbare Platten entstünden. Die Platten mussten dazu weniger Halbbromid enthalten, als ihnen durch eine geringe Belichtung zugeführt wird.

Von diesem Vorhaben mussten wir indessen Abstand nehmen, denn es wären dazu Versuche im grossen nötig geworden, angestellt mit vielen Litern Silberlösung, da das Brom bis auf $^1/_{1000}$ Proz. des angewandten Silbers genau hätte dosiert werden müssen.

So wenigstens liess sich aus Versuchen schliessen, die zur Schätzung der Menge Halbbromsilber dienen sollten, welche in einem gegebenen Bromsilberkorn durch eine gegebene Belichtung entsteht, und die wir folgendermassen anstellten.

Von einem Photobromid-Kollodion, welches 0,03 gr Ag_2Br (und die 50fache Menge $AgBr$) pro 100 cc enthielt, stellten wir uns Verdünnungen her, die in Zehnerpotenzen fortschritten bis zu 0,00003 gr Ag_2Br pro 100 cc Lösung. Von diesen Verdünnungen wurden dann je 1 cc zu 10 cc Albertscher Rohemulsion gesetzt und mit diesen Mischungen Platten gegossen, welche dann unter einem Skalenphotometer, bestehend aus 1 bis 12 Lagen Seidenpapier, in 2 m Abstand dem Lichte eines, bis auf ein Fenster von 1 qcm abgeblendeten, Auer-Glühlichtes exponiert wurde.

1) Wied. Ann. 68, 149.

Das Ergebnis[1]) war folgendes:

No.	Plattensorte	Sichtbare Photometergrade		
		30 Sek. Expos.		10 Sek. Expos.
1	Rohemulsion + 10% Äther-Alkohol	12	kein Schleier	6
2	Rohemulsion + 10% Photobromid 0.00003	12	kein Schleier	4
3	Rohemulsion + 10% Photobromid 0.0003	11	leichter Schleier	keine
4	Rohemulsion + 10% Photobromid 0.003	keine	starker Schleier	keine

Es übertrifft also bereits in Nr. 3 der durch den Zusatz hervorgerufene Schleier jene Schwärzung, welche durch das auf dem Photometerabschnitt 12 auffallende Licht bewirkt wird und welche auf Platte Nr. 1 und Nr. 2 sichtbar ist, so sehr, dass ein Unterschied zwischen der Licht- und Schattenpartie sich nicht mehr erkennen lässt.

Setzt man den Gehalt der Albertschen Rohemulsion zu 4 gr $AgBr$ pro 100 cc, so kam in unserer Platte Nr. 3 auf 4 gr $AgBr$ 0,00003 gr Ag_2Br, also nicht ganz $^1/_{100000}$. Diese Menge ist bereits grösser, als die durch die Belichtung des Photometerabschnittes 12 erzeugte Menge Ag_2Br. Die herzustellenden synthetischen Emulsionen aus Brom und Silber hätten also zur Entscheidung der eingangs gestellten Frage Gehalte an Halbbromsilber von $^1/_{10000}$ bis $^1/_{1000000}$ des Bromsilbers enthalten müssen, was man nur durch Verarbeitung verhältnismässig bedeutender Mengen erreichen kann. Wir schlugen daher einen anderen Weg ein, allerdings, wie wir gleich bemerken wollen, ohne entschiedenen Erfolg.

§ 4. Zuvor noch eine Bemerkung zu den obigen Versuchen. — Der in der vorstehenden Schätzung enthaltene Schluss von dem Schwärzungsgrade einer Platte auf die durch die Belichtung entstandene Menge Halbbromsilber ist nicht streng. Denn dieser, der Schwärzungsgrad, ist noch abhängig von der Korngrösse des Bromsilbers. Es wird nämlich von zwei ungleich grossen Körnern, welche beide die gleiche Menge Halbbromsilber enthalten, das grössere auch die grössere Schwärzung im Entwickler geben, wenn nur hinlänglich lange entwickelt wird. Die Hochempfindlichkeit grobkörniger Emulsionen ist offenbar, abgesehen auch von der besseren Lichtabsorption, dadurch bedingt, dass in ihnen eine kleinere Menge Halbbromsilber hinreicht, um eine bestimmte Schwärzung im Entwickler zu erzeugen, als in feinkörniger Emulsion.

Vorbehaltlich dieser Unbestimmtheit wird man nun aus dem Vergleich von Nr. 2 und Nr. 3 folgern, dass $^1/_{1000000}$ Ag_2Br (bezogen auf das

1) Entwickelt wurde, hier wie im folgenden, je 5 Minuten lang mit dem Hydrochinonentwickler für Dr. Alberts Kollodion-Emulsion, siehe Schmidts Kompendium, Karlsruhe 1891.

Bromsilber) nicht entwickelbar ist, und dass die Lichtmenge, die auf den Photometerabschnitt 12 fiel, mehr Halbbromsilber entstehen liess, als $^1/_{1000000}$ und weniger als $^1/_{100000}$. In den Abteilungen 1 bis 11 auf Nr. 3 ist die im Lichte gebildete Menge Halbbromsilber bereits gross gegen die im vorhinein zugesetzte und daher auch gross gegen die Schwellenmenge, welche eben hinreicht, um den geringsten photographischen Effekt zu erzeugen. Darauf werden wir alsbald nochmals zurückkommen.

Eine Sensibilierung der Platten Nr. 2 bis 4 ist nicht eingetreten, wie am besten aus den 10-Sekunden-Expositionen hervorgeht. Die Platten Nr. 2 und Nr. 3 hätten sonst mehr Photometerzahlen erscheinen lassen müssen als Nr. 1. Eine derartige Wirkung war auch nicht erwartet worden. Denn das zugesetzte Halbbromid war ja in den Platten räumlich getrennt vorhanden von den Bromsilberkörnern der Emulsion, so dass eine Beeinflussung der letzteren durch ersteres nicht wahrscheinlich war.

§ 5. Um nun die in § 3 bezifferte, sehr geringe Menge Halbbromid gleichmässig durch die ganze Massedes Bromsilbers zu verteilen, bereiteten wir Emulsionen in der Art, dass zu einem, in Kollodion gelösten, Bromid eine gemessene Menge Photobromidlösung zugesetzt wurde und dann durch Silbernitrat die Emulsion erzeugt und wie üblich weiter behandelt wurde.

Beispiel: Man löst 2,4 gr $ZnBr_2$ in 25 cc Alkohol und fügt diese Lösung zu 100 cc 2 prozentigem Kollodion. Dazu setzt man 25 cc Photobromid 0,0003. Dann werden 125 cc Alkohol, enthaltend 3,6 gr $AgNO_3$, unter Rühren eingetropft. Die so entstandene Emulsion wird über Nacht stehen gelassen, hierauf durch Eingiessen in Wasser von 50° C. ausgefällt, koliert, mit Alkohol gewaschen und auf Fliesspapier getrocknet. Die getrocknete Emulsion wird in 100 bis 200 cc Ätheralkohol gelöst und ist dann gebrauchsfertig. Sie enthält auf 1 gr $AgBr$ $^2/_{100000}$ gr Ag_2Br. Das Verfahren gründet sich auf das Vertrauen, dass das entstehende Bromsilber sich an das schon vorhandene Photobromid gleichmässig anlagert, so dass in der schliesslichen Emulsion alle Bromsilberkörner gleichmässig mit Halbbromsilber versehen sind.

Leider stimmten die Ergebnisse der sensitometrischen Prüfung dieser Emulsionen schlecht untereinander überein. Es ist im kleinen schwer, Emulsionen von übereinstimmender Beschaffenheit zu erzielen. Die mit Zinkbromid hergestellten Emulsionen schleiern meist an und für sich. Die Wirkung des Zusatzes äussert sich dann in einer vermehrten Dichtheit der damit hergestellten Negative, ohne deutliche Erhöhung der Empfindlichkeit. Einmal bekamen wir (vielleicht per nefas) mit Zinkbromid eine ohne Zusatz nicht schleiernde und auch entsprechend wenig empfindliche Emulsion. Der Parallelversuch mit Photobromid ergab dann die gesuchte Sensibilierung in sehr auffallender Weise. Doch konnten wir dieses Ergebnis bis jetzt nicht reproduzieren. Bei Ersetzung des Zinkbromids durch Strontiumbromid erhält man zwar, wie es scheint, mit Sicherheit schleierfreie Emulsionen. Doch ergaben die Parallelversuche mit Photobromidzusatz hier auffallenderweise keine Sensibilierung. Wir vermuten, dass in den betreffenden Emulsionen ein verborgener oxydierender Einfluss zur Geltung kam, denn wenn das mit Bromstrontium versetzte Kollodion mit geringen Mengen Silberkollodion versetzt wurde, so konnte man augenblicklich eine Entfärbung eintreten sehen.

Die sensitometrische Prüfung der vorerwähnten schleierfreien, mit $ZnBr_2$- erstellten Emulsion und ihrer Schwesteremulsion mit 25 cc Photobromid 0,0003 ergab bei einer Belichtung mit einer kleinen, an die elektrische Lichtleitung angeschlossenen Bogenlampe in 1 m Abstand folgendes Resultat:

Anzahl der sichtbaren Photometergrade.	
Reine Emulsion	Photobromid-Emulsion
3 Sek. Expos.: Kein Eindruck	5 (die übrigen Nummern verschwinden im Schleier)
10 Sek. Expos.: 6	12

Die Dichtheit des Schleiers, der sich über die nicht belichteten Stellen der photobromidhaltigen Platte legt, ist geringer, wenn dieselbe trocken exponiert wird.

In Fig. 1 und 2 geben wir zur Illustration Kopien zweier Kamera-Aufnahmen mit trockenen Platten der einen und anderen Art, die bei gleicher Exposition (10 Minuten bei bedecktem Himmel) unmittelbar hintereinander gemacht wurden. Sie lassen die Sensibilierung gut erkennen.

Zur endgültigen Sicherstellung dieses Effektes empfehlen wir Versuche in erweitertem Massstabe.

Wie man sich eine Sensibilierung durch Halbbromsilber überhaupt zu denken hat, ist eine offene Frage. Zunächst ist ja wohl klar, dass eine bestimmte Schwellenmenge Halbbromsilber nötig ist, um entwickelbar zu sein. Setzt man der Platte von vornherein diese Schwellenmenge zu, so wird die Platte sich photographisch so verhalten, als ob alle Lichtmengen b, von denen sie bei der Exposition getroffen wird, um eine kleine Grösse a vermehrt worden seien. Dann wird die Sensibilierung nur solange beträchtliche Werte haben können, als b klein ist gegen a. Nun scheint aus dem im § 4 durchgeführten Vergleich aber hervorzugehen, dass schon durch recht geringfügige Belichtungen



Fig. 1.



Fig. 2.

b gross wird gegen *a*, so dass bei dieser Auffassung die eventuelle Sensibilierung durch Halbbromsilber in sehr enge Grenzen eingeschränkt bliebe. Anders wird die Sachlage, wenn man annimmt, dass das Vorhandensein von Spuren Halbbromid die Reduktion im Lichte (katalytisch) beschleunigt[1]), so dass die Menge des im Lichte gebildeten Halbbromids in seiner Abhängigkeit

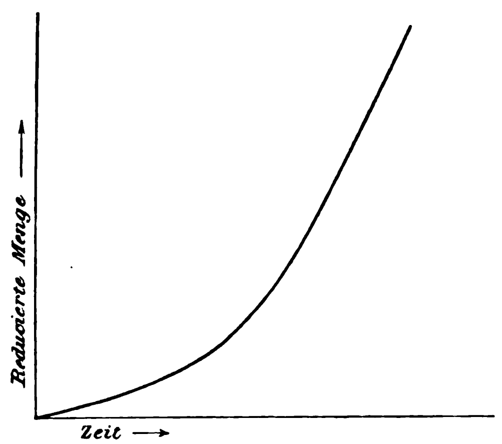


Fig. 3.

von der Zeit durch eine Kurve von nebenstehender Gestalt darzustellen wäre. In diesem Falle käme die fragliche Sensibilierung auf eine Abkürzung, beziehungsweise Überspringung der photochemischen Induktionszeit hinaus. Um eine Entscheidung zu ermöglichen, reichen unsere Versuche freilich nicht hin.

§ 6. Es lag nahe, neben den vorstehend beschriebenen Versuchen mit Photobromidkollodion die analogen Versuche mit Silberkollodion durchzuführen. Dies haben wir auch gethan.

1) Ähnlich wie salpetrige Säure die Auflösung der Metalle durch Salpetersäure beschleunigt. Vergl. Ostwald, Katalyse, Hamburger Naturforscherversammlung 1901. (Diese Zeitschrift **3**, 313, 1902. Auch Sonderdruck; Leipzig, S. Hirzel. M. —.60.)

Wir erwarteten dabei eine chemische Sensibilierung, wenn nach § 3 verfahren wurde, indem das in der Platte verteilte, kolloide Silber als Bromempfänger wirken konnte. Wurde dagegen der Silberzusatz nach dem Verfahren des § 5 bewirkt, so durfte wohl eine Wirkung im selben Sinne erwartet werden, wie sie vom Photobromid ausgeht.

Wir stellten nun zunächst von unserem 0,2-prozentigen Silberkollodion Verdünnungen her bis zu 0,00002 gr Silber pro 100 cc. Dann wurden zu Albertscher Rohemulsion je 10 Vol. Proz. der Silberlösungen zugesetzt und wie früher dem Lichte einer passend abgeblendeten Auerlampe 30 Sekunden lang unter dem Skalenphotometer exponiert. Es erschienen folgende Lichteindrücke:

No.	Plattenart	Sichtbare Photometergr.	Schleier
1	Rohemulsion + 10% Äther-Alkohol	9	keiner
2	Rohemulsion + 10% Silberkollod. 0.00002	9	"
3	Rohemulsion + 10% Silberkollod. 0.0002	9	sehr gering
4	Rohemulsion + 10% Silberkollod. 0.002	8	gering*)
5	Rohemulsion + 10% Silberkollod. 0.02	7	stark**)
6	Rohemulsion + 10% Silberkollod. 0 2	keine	Die entwick. Platte ist undurchsichtig

*) schwächer,
**) stärker als die tiefste Schwärze der Rohemulsionsplatte.

Es ergiebt sich, dass von dem zugesetzten Silber eine gewisse Keimwirkung ausgeht, die schätzungsweise proportional mit dessen Konzentration anwächst. Ähnlich, wie beim Photobromid, gelangt man zur Grenze der Entwickelbarkeit, wenn die Silbermenge etwa $^1/_{1\,000\,000}$ der Bromsilbermenge

ausmacht.[1]) Übrigens gilt die in § 4 für das Halbbromid gemachte Einschränkung. Sie erfährt hier die Wendung, dass der photographische Effekt einer gegebenen Silberkeimmenge noch abhängt von der Art und Innigkeit ihrer Berührung (bezw. Durchdringung) mit den Bromsilberkörnern. Man wird sagen müssen, dass die hier vorliegende Applikation des Silbers auf die Bromsilberplatte für die Entfaltung ihrer Keimwirkung ungünstig ist, da sich anerkanntermassen die entwickelnde Wirksamkeit eines Silberkeimes nur gerade auf dasjenige Bromsilberkorn erstreckt, mit dem derselbe in ganz unmittelbarer Berührung steht.

Eine Sensibilierung, die sich in der Vermehrung der Kontraste zu bekunden hätte, konnte bei den Belichtungen unter dem Sensitometer nicht sicher konstatiert werden. Dagegen liessen Kameraaufnahmen mit den trockenen Platten Nr. 3 und Nr. 4 eine geringe Sensibilierung insofern erkennen, als Nr. 4 verglichen mit Nr. 3 mehr durchgearbeitete Negative gab. Bedeutend ist die Zunahme der Empfindlichkeit indessen nicht. Wir führen sie, wie eingangs dieses Paragraphen erwähnt, auf die Brombindung seitens des kolloiden Silbers zurück.

Die Parallelversuche mit Silberzusatz zu den Versuchen mit Photobromid nach § 5 verliefen mit ähnlich schwankendem Resultate wie diese. Bei Zusatz von 25 cc Silberkollodion 0,02 an Stelle von Photobromid zu Emulsionen, die sonst wie die in § 5 beschriebenen zusammengesetzt und hergestellt waren, erhielten wir sehr stark schleiernde Emulsionen, jedoch mit relativ geringen Kontrasten.

1) Über einen Versuch, betreffend den Zusatz von kolloidem Silber zu Gelatine-Emulsion, vergl. Abegg u. Herzog, Archiv f. wissenschaftl. Photographie 1, 115; ferner: Lüppo-Cramer, Eders Jahrbuch 1901, 160, sowie Photographische Correspondenz 1901.

Kgl. techn. Hochschule München, Juni 1902.

(Eingegangen 19. Juni 1902.)

Über Strahlungsinduktion.

Von Thomas Tommasina.[1])

Eine der Eigenschaften, welche die Strahlung der radioaktiven Körper gemeinsam mit den Kathoden- und Röntgenstrahlen, den sekundären und ultravioletten Strahlen besitzt, ist die der Entladungsbeschleunigung elektrisierter Körper. Diese Beschleunigung scheint einer Verminderung des Widerstandes zuzuschreiben zu sein, welchen das umgebende Mittel einer Fortpflanzung der elektrischen Modifikation entgegensetzt. Ich spreche ausdrücklich von dem „umgebenden Mittel" und nicht von Luft, denn zwei Paraffinplatten von 1,5 cm Dicke, die ich ausgeschnitten und zwischen die ich eine zugeschmolzene Glasröhre mit einem Gemisch von Baryum- und Radiumchlorid brachte, zeigten, nachdem ich sie aneinander gekittet und mit Gewalt in den Zwischenraum der beiden Platten eines Curieschen Elektroskops geschoben hatte, eine zehnmal so grosse elektrische Leitfähigkeit wie ohne Becquerelröhre, die ihrerseits dreimal grösser war als die der atmosphärischen Luft im Augenblicke der Beobachtungen.

Ferner setzte ich auf die untere Platte des Elektroskops einen cylindrischen Trog aus dünnem Glase mit flachem Boden auf, füllte ihn mit Alkohol, tauchte in diesen die obere Platte und fand, als ich die Strahlungsröhre hineinführte, eine merkliche Verminderung des Widerstandes zwischen beiden Platten.

Ausserdem habe ich vermittelst mehrerer Abänderungen des Versuches, wobei immer die radioaktive Röhre hermetisch geschlossen war, die Schnelligkeit wahrnehmen können, mit der diese Leitfähigkeitszunahme eintritt und verschwindet; dieselbe nimmt während der ganzen Dauer der radioaktiven Einwirkung nicht weiter zu, sondern scheint sofort ihre obere Grenze zu erreichen.

Ich habe festgestellt, dass die Strahlungsröhre, auch wenn dieselbe von 3 bis 4 cm dicken Glas- oder Metallhüllen eingeschlossen ist, noch immer eine sehr merkliche Verminderung der Ladung des Elektroskops hervorbringt, und dass ohne eine solche Hülle die Einwirkung noch in einer Entfernung von mehreren Metern vom Apparat deutlich zu erkennen ist, dass sie mit den Dimensionen der strahlenden Fläche zunimmt und durch Anbringung eines konkaven parabolischen Metallspiegels [1]) auf das Doppelte gesteigert wird.

Gleichfalls habe ich festgestellt, dass, wenn die Strahlungsröhre in eine doppelte Dewarsche Glocke mit zwischenliegendem Vakuum eingeschlossen wird, sie durch dieses (sehr weit getriebene) Vakuum hindurch die Entladung elektrisierter Körper und auf einem Baryum-Platincyanürschirm induzierte Fluoreszenz hervorruft.

Alle diese Umstände scheinen mit einer Erklärung der Erscheinung vermittelst der Hypothese einer Ionisierung der Luft im Widerspruche zu stehen, wenigstens dann, wenn die radioaktiven Substanzen in einer zugeschmolzenen Glasröhre eingeschlossen sind. Ebenso ist die Annahme nicht zulässig, dass der Erscheinung ein Fluss von elektrisierten, von der Strahlungs-

1) Ausführlich in Arch. de Genève März 1902.

1) Comptes Rendus 30. Dez. 1901.

röhre ausgesandten Partikeln zu Grunde liege, denn dann könnte nur für eine Art Elektrisiesung von einer Verminderung die Rede sein, während für die andere Art eine Vermehrung die notwendige Folge sein müsste. Daher müssten die ausgesandten Teilchen neutral sein; aber dann würde ihr Vorhandensein, selbst wenn es erwiesen wäre, nur eine sekundäre oder Begleiterscheinung bedeuten. Deswegen muss man meiner Meinung nach die Erklärung der Erscheinung in der Weise suchen, dass man diese Strahlung als Fortpflanzung einer Modifizierung des Äthers ansieht, die sofortige Polarisation der Molekularatmosphären des umgebenden Mediums zur Folge hat.

Ich habe eine vergleichende Untersuchung der Fortpflanzungsart, der gemeinsamen Eigenschaften und der anerkanntermassen komplexen Natur der Strahlungsgattuugen kathodischen und photochemischen Ursprunges angestellt und bin so zu der Schlussfolgerung gekommen, dass die Emission von Kathodenstrahlen nicht eine besondere Form kathodischer Disruptiv-Entladung darstellt, wie E. Bichat und R. Swyngedaw [1]) meinen, sondern vielmehr die Wirkung einer von der Anode ausgehenden Disruptiv-Entladung besonderer Form, und zwar eine Reflexion, welche eine eigentümliche Modifikation erfahren hat.

Der strahlende Teil des Anodenflusses [2]), der von dieser Entladung besonderer Art erzeugt wird, ist sicherlich von derselben Natur wie ultraviolette Strahlen, wie daraus hervorgeht, dass im Crookesschen Vakuum die beiderseitigen Wirkungen identisch sind. Man kann sich etwa vorstellen, dass diese Anodenstrahlen in der Richtung der Kraftröhren des elektromagnetischen Feldes fortgezogen werden, wie dies bei leuchtenden Springbrunnen mit den Lichtstrahlen der Fall ist, dass aber in der Nähe der Kathode die Stromlinien zu deren Oberfläche senkrecht werden, woselbst die Anodenstrahlen sämtlich oder zum Teil reflektiert werden müssen. Diese Modifikation würde dann die verschiedenen Strahlengattungen, welche das Kathodenbüschel darstellen, erzeugen.

Diese Hypothese ergiebt eine anscheinend logische Erklärung des Hittorfschen dunklen Raumes, der dann auf Rechnung einer von der schnellen Dämpfung begrenzten Interferenz käme, was damit im Einklang steht, dass dieser Raum in Vakuumröhren mit zunehmender Verdünnung anwächst.

Ebenso erklärt diese Hypothese folgende Erscheinungen:

Wenn man vor die Kathode, in eine Entfernung von 10 bis 15 mm, einen durchlochten Schirm setzt, so bilden sich die Kathodenstrahlen der Öffnung gegenüber, vorausgesetzt, dass der Schirm sich im dunklen Raume befindet. [1])

Wenn man, wie dies Schuster [2]) beschrieben hat, in den dunklen Raum einen Gegenstand bringt, so beobachtet man, dass dieser auf die Kathode Schatten wirft.

Nach dieser Hypothese wäre der Kathodenzufluss P. Villards [3]) nichts anderes als der anodische Strahlungsfluss.

So bringt der anodische Strahlungsfluss die Emission von Kathodenstrahlen hervor, diese erzeugen beim Aufprall auf eine Metallplatte oder das Glas der Röhre Röntgenstrahlen, die ihrerseits beim Aufprall auf Körper die Emission von Sekundär-, und diese wieder in derselben Weise die von Tertiärstrahlen veranlassen u. s. w. Alle diese Strahlen sind gleichmässig komplex und bestehen aus vom Magnetfelde ablenkbaren uud nichtablenkbaren Strahlen, aus Strahlen von geringem und bedeutendem Durchdringungsvermögen etc.

Wenn man von den ultravioletten Strahlen und von der Becquerelschen Strahlung ausgeht, so kommt man in beiden Fällen durch alle diese Umwandlungsreihen und erhält gleiche Strahlengattungen.

Der Umstand, dass ein Metall, selbst wenn es unelektrisch ist, beim Aufprall ultravioletter Strahlen eine Strömung aussendet, die den Charakter besonders absorbierbarer Kathodenstrahlen [4]) zeigt, scheint auf eine Erscheinungsgruppe zu deuten, die eine Verbindung zwischen den gleichartigen Strahlen kathodischen Ursprunges und denen photochemischen Ursprunges (Becquerelstrahlen) darstellt. Da man die atomische Anlage oder den atomischen Aufbau, der zur Bildung der letztgenannten Anlass giebt, nicht ergründen kann, so bleibt der Mechanismus der Umwandlung unerklärt, aber meiner Meinung nach kann man in betreff der in beiden Fällen vektoriellen Äthernatur der Erscheinungen, auf welche die induzierte Phosphoreszenz und Fluoreszenz hindeuten, nicht im Unklaren sein.

Diese Phosphoreszenz führt uns zu der Annahme einer sekundären oder induzierten Natur der Becquerelstrahlen, die man als durch die Einwirkung einer gewissen, bisher noch unbekannten Strahlengattung erzeugt ansehen kann. Auf Grund dieser Auffassung habe ich auch die Bezeichnung Strahlungsinduktion gewählt,

---

1) Rapports au Congrès international de Physique de 1900 à Paris, 3, 182.

2) A. Battelli und L. Magri, Über die Anoden- und Kathodenstrahlen. Diese Zeitschr. 1, 18, 1899.

1) P. Villard, Les rayons cathodiques. Paris 1900. (Scientia), p. 91.

2) Proceed. Roy. Soc. 47, 557, 1890.

3) P. Villard, loc. cit.

4) P. Lenard, Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht. Ann. d. Phys. 2, 359, 370, 1900.

unter der ich all diese Erscheinungen einbegreifen will. Die ultravioletten und Kathodenstrahlen würden eine primäre elektrische Modifikation darstellen, also induzierende Strahlungen sein, während die anderen induzierte Strahlungen wären, die auch ihrerseits wieder induzierend wirken können.

Die Strahlenarten müssen in ihrer Anzahl unbegrenzt sein, wenn sie nur von den Wellenlängen, d. h. von der Schwingungsdauer abhängen, und ihre Reflexionsfähigkeit muss mit der Zunahme ihres Durchdringungsvermögens allmählich und stufenweise abnehmen.

Da das die interplanetären Räume erfüllende Medium mit gewissen Einschränkungen als dem der Crookesschen Röhren ähnlich angesehen werden kann, und da die Planetenatmosphären verhältnismässig sehr geringe Ausdehnung haben, so kann man die Sonne als Anode und die Planeten als Kathoden betrachten, und diese auf die Eigenschaften der ultravioletten Strahlen gestützte Hypothese würde sicherlich die Erklärung des Nordlichtes und der anderen elektrischen Erscheinungen der Erdatmosphäre wie auch die der Atmosphäre anderer Planeten und die Deutung der eigentümlichen Natur ihres Leuchtens erleichtern.

Genf, den 8. Juni 1902.

(Aus dem Französischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 10. Juni 1902.)

Über das Vorhandensein von reflektierbaren Strahlen in der von einer Mischung von Radium- und Baryumchlorid ausgesandten Strahlung.

Von Thomas Tommasina.[1])

Beobachtungen verschiedener Natur hatten mir die Möglichkeit des Vorhandenseins reflektierbarer Strahlen in den von gewissen radioaktiven Körpern ausgesandten Strahlungen nahe gelegt. Die einzelnen Versuche, die im folgenden beschrieben werden sollen, haben es mir ermöglicht, dieselben nachzuweisen und von den anderen teilweise, wenn auch nicht vollständig zu trennen. Die erste Anordnung war folgende:

Ein parabolischer Konkavspiegel aus versilbertem Kupfer mit 25 mm Brennweite und 12 cm Öffnung ist in der Mitte durchbohrt und mit einer Röhre versehen, deren innerer Durchmesser 11 mm beträgt. In diese Röhre passt ein Schlauch aus etwas starrem Kautschuk, der sich darin ohne starke Reibung bewegt, und in den eine kleine zugeschmolzene Glasröhre halb hineingepasst ist, in der sich Radium- und Baryumchlorid befinden. Der Kautschukschlauch ist an einem Stativ mit drehbaren Zangen befestigt, welch letztere es gestatten, die Richtung des Spiegels leicht zu verändern, ohne die radioaktiven Substanzen zu erschüttern. Man kann so den Spiegel sowohl als die Strahlungsröhre schnell entfernen und wieder einsetzen, ohne dass der ganze Apparat irgend eine andere Veränderung erleidet.

1) Ausführlich in C. R. 30. Dezember 1901.

Dieser Apparat steht auf einem Tischchen über dem, auf dem sich das Curiesche Elektroskop befindet, an dem bei diesem Versuche die untere Platte entfernt ist.

Der Brennpunkt des Spiegels, woselbst die Strahlungsröhre angebracht ist, befand sich 60 cm vom Mittelpunkt der oberen Platte, und 45 cm über derselben, wobei die Achse des Spiegels nach diesem selben Mittelpunkt gerichtet war.

Das Elektroskop wurde vermittelst sehr schwacher Einwirkungen entweder positiv oder negativ elektrisiert, so dass der Ausschlag des Goldblättchens etwas mehr als bis zur 200. Teilung des Massstabes des zum Elektroskop gehörigen Fernrohres ging, um es zu vermeiden, während des anfänglich unregelmässigen Ganges Ablesungen zu machen, und um das umgebende Mittel und den Apparat durch den starken Elektrizitätsfluss geriebener Harz- oder Glasstäbe nicht allzusehr zu beeinflussen. Diese Versuche sind sehr minutiös und können infolge dieser letzteren Einwirkung nicht lange fortgesetzt werden.

Im folgenden gebe ich einige Beobachtungsreihen wieder, aus denen sich mit Sicherheit die Einwirkung des Spiegels auf einen Teil der Strahlung ergiebt. Die Zahlen der ersten Kolonne geben die Teilung des Massstabes an, woselbst das Goldblättchen sich nach einem Zeitraume von stets 60 Sekunden befand. Die der zweiten Reihe geben die Anzahl von Teilstrichen an, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zahlen der ersten Kolonne einbegriffen sind, und geben so den Ladungsverlust des Elektroskopes nach jeder Minute wieder.

Reihen mit negativer Ladung.

Ohne Spiegel		Mit Spiegel		Ohne Strahlungsröhre	
200		200	40	200	2
185	15	160		198	
169	16	122	38		
153	16	89	33	165	2
136	17	56	33	163	
119	17	26	30		
103	16			90	1,5
89	14			88,5	
75	14				
62	13			24,5	1,5
49	13			23	

Reihen mit positiver Ladung.

Ohne Spiegel		Mit Spiegel		Ohne Strahlungsröhre	
185		200	40	200	2
166	19	160		198	
148	18	123	37		
130	18	89	34	161	1,5
113	17	56	33	159,5	
97	16				
80	17			115	2
65	15			113	
51	14			75	1,5
				73,5	

Ich habe auch noch regelmässigere Reihen erhalten; doch gebe ich hier nur Mittelwerte wieder, um ein besseres Bild von der Gesamtheit dieser Messungen zu geben; aus denselben geht hervor, dass der Spiegel die Wirkung der Röhre verdoppelt. Diese starke Zunahme zeigt deutlich, dass die Wirkung nicht allein auf Rechnung der von der Spiegelfläche unter der Einwirkung der direkten Strahlung ausgesandten Sekundärstrahlen kommen kann, die senkrecht von deren Einfallspunkten ausgehen; zumal da diese Strahlen in Anbetracht der parabolischen Form des Spiegels sich sämtlich längs der Axiallinie auf der Fortsetzung der Achse der Strahlungsröhre in der Nähe der letzteren kreuzen müssten, und zwar in der Richtung der den Spiegelbrennpunkt mit dem Mittelpunkt der Elektroskopplatte verbindenden Geraden. Ich kam auf den Gedanken, sie, ebensowie die direkten Strahlen, die die Röhre in dieser Richtung aussendet, mit Hilfe folgender Anordnung zu eliminieren:

Ein 8 cm im Durchmesser und 20 cm in der Länge messender Eisencylinder wurde der Länge nach in die Axialrichtung zwischen Elektroskop und Spiegel, 2 cm von letzterem entfernt, gebracht. Da der Konkavspiegel nur 12 cm Öffnung hatte, war seine wirksame Zone auf einen ringförmigen Streifen von 2 cm Breite reduziert. Der Rand des Spiegels ist nach aussen gekrümmt, so dass die Punkte, welche sekundäre Strahlen nach dem Elektroskop hinsenden könnten, den direkten Strahlen der radioaktiven Substanzen nicht ausgesetzt sind, die sich in der im Brennpunkt des parabolischen Spiegels angebrachten Röhre befinden.

Vermittelst dieser Anordnung habe ich feststellen können, dass der Cylinder fast zwei Drittel der Einwirkung der Strahlungsröhre auf das Elektroskop fortnahm, und dass die wirksame Zone des Spiegels dazu ausreicht, diesen Verlust auszugleichen. Die Erscheinung der Reflexion war auf diese Weise mit Sicherheit nachgewiesen.

Um die Strahlen grossen Durchdringungsvermögens, die nicht reflektierbar sind, von den reflektierten Strahlen zu trennen, habe ich den Eisencylinder durch einen dünnen Metallschirm ersetzt. Eine Messingplatte von derselben Dicke wie die Spiegelwände (0,5 mm) wurde senkrecht zur Axiallinie angebracht, 26 cm von der Strahlungsröhre entfernt, wobei die Entfernung der letzteren vom Elektrometer 42 cm betrug. Die Versuchsreihen, die ich mit letzterer Anordnung erhalten habe, zeigen, dass die Einschaltung der Metallplatte eine geringe Verminderung der Wirkung der direkten Strahlung der Röhre hervorruft, während sie die Wirkung des Spiegels vollständig aufhebt, obwohl letzterer den grössten Teil der Strahlung der Röhre sammelt und reflektiert. Diese Versuche wurden mit einer mit schwarzem Papier überzogenen Röhre wiederholt, wobei dieselben Resultate erhalten wurden, nur dass natürlich die Wirkung schwächer und etwas unregelmässiger war.

Um das Fluoreszenz-Induktionsvermögen und die photochemische Wirkung der reflektierten Strahlen zu untersuchen, habe ich folgende Versuche ausgeführt:[1]

Während die Strahlungsröhre sich im Brennpunkte des parabolischen Spiegels befand, habe ich an die Öffnung desselben einen Baryumplatincyanürschirm angelegt und konnte so vermittelst der Beobachtung der vollkommenen Gleichheit des induzierten Fluoreszenzfleckes feststellen, dass die Wirkung der vom Spiegelrande ausgesandten Strahlen keineswegs mit grösserer Intensität auftrat, ebensowie die der direkten von der Röhre ausgehenden Strahlen.

Ferner habe ich dann dasselbe vermittelst der photographischen Wirkung konstatieren können. Ich setzte den Spiegel, in dessen Brennpunkt die Strahlungsröhre sich befand, auf eine mit einem Glasnegativ bedeckte lichtempfindliche Platte auf; nach zehnstündlicher Belichtung zeigte das Positiv bei der Entwickelung, dass die aktinische Wirkung gleichmässig auf der ganzen Oberfläche stattgefunden hatte. Bei anderen Versuchen, wo die Röhre über den Brennpunkt hinausragte und sich näher an den Platten befand, bildete sich im centralen Teile ein dunklerer Fleck, was ich gleichfalls vermittelst des Fluoreszenzschirmes beobachtet habe.

1) Arch. Genève, März 1902.

Genf, den 18. Juni 1902.

(Aus dem Französischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 20. Juni 1902.)

Die Spektren kathodisch leuchtender Metalldämpfe.

Von Percival Lewis.

Neuere Untersuchungen haben im allgemeinen darauf abgezielt, die von Hittorf[1]) ausgespro-

1) Wied. Ann. 7, 587, 1879.

chene und von E. Wiedemann[1]) des weiteren ausgeführte Ansicht zu bestätigen, dass das Leuchten von Gasen und Dämpfen, besonders was die Erscheinungen der Vakuumröhre betrifft, von der Natur der Phosphoreszenz ist — d. h. direkt abhängt, nicht von hoher Temperatur, sondern von chemischen, elektrischen oder unbekannten Prozessen. Alle diese Strahlungserscheinungen, auf die das Kirchhoffsche Gesetz sich nicht quantitativ anwenden lässt, können, bis der Stand unserer Kenntnisse eine weitere Differentiation zulässt, unter die allgemeine Bezeichnung „Lumineszenz", die von E. Wiedemann vorgeschlagen worden ist, eingereiht werden.

Da die Fluoreszenz eine der auffallendsten Lumineszenzerscheinungen ist, war es von Interesse, festzustellen, ob Substanzen, die eine endliche Anzahl bestimmter freier Schwingungsperioden besitzen, wie Gase und Dämpfe, zur Fluoreszenz gebracht werden können. Diese Frage ist von E. Wiedemann und G. Schmidt[2]) bejahend beantwortet worden, indem dieselben zeigten, wie Natrium- und Kaliumdämpfe unter der Einwirkung des Sonnenlichtes fluoreszieren und dabei charakteristische Spektren geben, welche den gewöhnlichen Flammenspektren teilweise entsprechen.

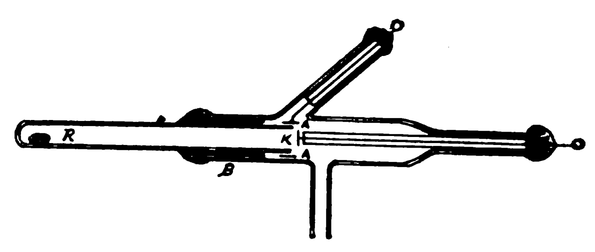
Kathodenstrahlen sind weit wirksamer als Sonnenlicht in betreff der Erregung von Fluoreszenz bei festen Körpern, und es erscheint einleuchtend, bei Dämpfen ähnliche Wirkungen zu erwarten, unabhängig von der direkten Wirkung des sie durchfliessenden Stromes. Einige Beweisgründe, die für diese Vermutung sprechen, sind allgemein bekannt. Das negative Büschel, das von einer ebenen Kathode ausgeht, erstreckt sich nicht nur in der Richtung der Anode, oder, was dasselbe ist, in der des Stromes, sondern breitet sich auch nach der entgegengesetzten Seite der Kathode aus, selbst wenn alle Vorsichtsmassregeln getroffen sind, um einen Stromfluss in dieser Richtung zu verhindern; die Länge dieser negativen Säule nimmt mit abnehmendem Drucke zu, und wenn sie die Wandungen der Röhre erreicht, beginnen diese zu fluoreszieren. Hertz[3]) isolierte im Jahre 1883 die Wirkung der Kathodenstrahlen von der des Stromes, indem er eine Vakuumröhre herstellte, bei der die Anode mit der Kathode konzentrisch war und fast in derselben Ebene lag, so dass die Stromlinien auf einen kleinen Raum beschränkt waren, während die Kathodenstrahlen nach dem 30 cm entfernten Ende der Röhre geworfen worden. Quecksilberdampf am Ende

1) Phil. Mag. 28, 149, 248, 1889; Wied. Ann. 37, 177, 1889.
2) Wied. Ann. 57, 454, 1896; Astrophysical Journ. 3, 207, 1896.
3) Wied. Ann. 19, 809, 1883.

der Röhre glühte unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen und zeigte die charakteristischen starken Linien des Quecksilberspektrums. Lenard[1]) fand, dass Kathodenstrahlen durch ein dünnes Aluminiumfenster hindurch in Gase, die sich auf atmosphärischem Druck befanden, übergingen; diese Gase glühten, freilich zu schwach, als dass sie irgendwelche Spektrallinien gezeigt hätten. Auch in diesem Falle konnten elektrische Ströme nur eine sehr unbedeutende Rolle gespielt haben, da solche nur von kleinen statischen Ladungen hätten herrühren können.

Die Spektra verschiedener Metalle in Vakuumröhren sind von E. Wiedemann und G. C. Schmidt[2]), sowie von A. C. Jones[3]) untersucht worden, doch wurden die Wirkungen der Kathodenstrahlen nicht unabhängig von denen des elektrischen Stromes erforscht.

Verfasser vorliegender Arbeit hat die Wirkungen von Kathodenstrahlen auf die Dämpfe der ihm zur Verfügung stehenden flüchtigen Metalle untersucht und dabei in zahlreichen Fällen charakteristische Leuchterscheinungen beobachtet. Bei Natrium- und Kaliumdämpfen schienen diese Wirkungen charakteristische Unterschiede gegenüber denen aufzuweisen, die von Wiedemann und Schmidt an denselben Dämpfen bei Fluoreszieren unter dem Einfluss von Sonnenlicht beobachtet worden waren. Kathodenstrahlen können nun entweder einfach eine stärkere Fluoreszenz hervorrufen, oder auch können die Wirkungen durch den mechanischen Aufprall der Kathodenkörperchen oder durch ihre elektrischen Ladungen in einer von Fluoreszenz gänzlich verschiedenen Weise zu stande kommen; deswegen ist es wohl besser, den allgemeineren Ausdruck „Lumineszenz" auf die beobachteten Erscheinungen anzuwenden. Es scheint jedoch auf der Hand zu liegen, dass diese Strahlung weder von hoher Temperatur noch von einem elektrischen Strom im gewöhnlichen Sinne abhängen kann, und es ist zu erwarten, dass nur die Grundlinien des Spektrums zu sehen sind.



Die benutzte Vakuumröhre war ziemlich ähnlich der von Hertz benutzten und ist auf beigefügter Figur zu sehen. Die zu unter-

1) Wied. Ann. 51, 229, 1894.
2) Wied. Ann. 57, 454, 1896.
3) Wied. Ann. 62, 30, 1897.

suchende Substanz wird in die Hartglasröhre R gelegt, die dann in die Röhre B eingeschoben und an dieser mit Siegellack befestigt wird. Von der scheibenförmigen Kathode K werden die Kathodenstrahlen nach dem Boden von Röhre R in eine Entfernung von 25 cm geworfen. Die ringförmige Anode liegt ausserhalb von R, fast in einer Ebene mit K. Diese Anordnung liefert ein kompaktes Stromliniensystem und schützt den Boden von T vor Kathodenstrahlen, wenn der Strom umgekehrt wird. Als weitere Vorsichtsmassregel gegen Seitenströme und elektrostatische Einflüsse wurde manchmal ein Drahtnetzcylinder oder eine lange Drahtschlinge über die ganze Länge von R eingeschaltet, ohne dass hierdurch die beobachteten Erscheinungen eine merkliche Veränderung erlitten hätten. Die Röhre wurde mittels einer Töpler-Hagenschen Pumpe luftleer gemacht und mit einem etwa 15 cm lange Funken gebenden Induktorium erregt. Die leuchtenden Dämpfe wurden mit einem Browningschen Taschenspektroskop oder mit einem chemischen Spektroskop mit kalibrierter Skala zur Identifizierung der Linien beobachtet. Bei einigen Linien, die zu schwach waren, als dass sie mit letztgenanntem Instrument sich hätten beobachten lassen, wurde eine rohe Identifizierung in der Weise erzielt, dass ein Vergleich mit der Lage der Kohlenwasserstoffbanden im Spektrum der zur Erhitzung der Röhre benutzten Bunsenflamme angestellt wurde. Diese Schätzungen sind natürlich vor Fehlern nicht sicher, doch wahrscheinlich entsprechen derartige Linien bekannten starken Linien des Metalls.

Im folgenden gebe ich kurz die erhaltenen Ergebnisse wieder. Keines der benutzten Metalle war chemisch rein. Die Atmosphäre im Inneren der Röhre war chemisch hergestellter Stickstoff.

Natrium. Bei einer Temperatur unterhalb der Rotglut wurde ein orangenfarbiger Schein beobachtet, der die D-Linien zeigte; bei Rotglut wurde dieser Schein grünlichgelb und traten die citronengrünen Linien 5683—88 auf; ebenso schwache Linien oder Banden im Rot und Blaugrün, wahrscheinlich die Paare 6154—61 und 4979—83. Diese und die in den anderen Fällen beschriebene Lumineszenz zeigte sich nur dann, wenn die Evakuierung einen solchen Grad erreicht hatte, dass die Kathodenstrahlen den Boden von T trafen und das Glas zum Fluoreszieren brachten. Sie verschwand, wenn die Kathodenstrahlen mittels eines Magneten abgelenkt wurden, wurde jedoch durch Einführen eines Drahtnetzcylinders oder eines langen Drahtes nicht beeinflusst. Sie trat nicht auf, wenn der Strom umgekehrt wurde oder wenn bei Drucken, die ein wenig über Kathodenstrahlendruck lagen, ein schwacher Leitungsstrom durch den Dampf geschickt wurde, indem das Ende von T mit einem zur Erde abgeleiteten Leiter berührt wurde. Diese Thatsachen weisen daraufhin, dass die beobachteten Erscheinungen nur von den Kathodenstrahlen hervorgerufen waren. Farbe und Spektrum der Lumineszenz war von der von Wiedemann und Schmidt beobachteten Fluoreszenz verschieden, welch letztere grüne und rote Streifen aufwies.

Kalium. Leichter purpurner Schein. Die gelben Natriumlinien waren die hellsten des Spektrums. Ausserdem waren sichtbar die gelben Kaliumlinien 5783, 5802 und 5812, sowie mehrere schwache Linien im Grün, die nicht hell genug waren, um identifiziert werden zu können. Die roten und violetten Linien waren nicht sichtbar, was nicht zu verwundern ist, wenn man bedenkt, wie nahe dieselben den Grenzen des Spektrums liegen; jedoch liess die Farbe der Lumineszenz kaum einen Zweifel übrig, dass die entsprechenden Strahlungen wirklich vorhanden waren.

Magnesium. Magnesiumpulver wurde in der Röhre erhitzt. Dasselbe schmolz nicht, prasselte jedoch stark und sublimierte. Bei schwacher Rotglut erfüllte ein hellgrüner Schein das Ende der Röhre, der das Triplet 5183, 5172, 5167 erkennen liess.

Quecksilber. Der Schein war blassgrün, nicht rosa, wie Hertz angiebt. Zur Erklärung dieses Unterschiedes kann wohl ein Druckunterschied von einer Atmosphäre genügen. Die gelbe, grüne und blaue Linie war hell; die grüne Linie war am stärksten und beständigsten.

Zink. Gerade unterhalb der Rotglut wurde ein schwacher Lila-Schein beobachtet, der das Triplet 4811, 4722, 4680 zeigte. Diese Linien sieht man manchmal im Flammenspektrum des Chlorids. Bei Rotglut trat eine schwachrote Linie (wahrscheinlich 6383) gleichfalls auf, und der Schein nahm eine sattpurpurne Färbung an. Diese Linien waren die einzigen, die in einem schwachen Funkenspektrum auftraten, wenn kein Kondensator eingeschaltet war, und sonst die längsten Linien des Funkenspektrums. Manchmal sah man mit dem Taschenspektroskop schwach die Linie 4912.

Kadmium. Unterhalb der Rotglut war der Schein blass graublau, bei Rotglut violett. Die ersten beobachteten Linien waren in der Reihenfolge ihrer Intensität 5086, 4413, 4800 und 4678; bei sehr hoher Temperatur trat auch eine rote Linie auf (wahrscheinlich 6431). Die Linien 5086, 4800 und 4678 sind im Flammenspektrum des Chlorids zu sehen. Es ist auffallend, dass 4413, die bei einfachen Funken fast unsichtbar und bei Einschalten eines schwachen Kondensators verhältnismässig schwach ist, hier der grünen Linie an Intensität am nächsten kommt, während 4678 sehr schwach ist. A. C.

Jones[1]) bemerkt, dass im Vakuumröhrenspektrum des Kadmiums die Farbe ohne Funkenmikrometer grün, hingegen blau mit einem solchen ist, und dass ohne Funkenmikrometer 4800 und 4678 am stärksten und 4413 schwach ist. Die längsten Linien im Funkenspektrum sind 5086, 4800 und 4678. Diese Verschiedenheiten in Farbe und Spektrum sprechen gleichfalls dafür, dass die hier beobachteten Erscheinungen von denen, die den Durchgang des Stromes durch den Dampf begleiten, durchaus verschieden sind.

Thallium. Bei verhältnismässig niedriger Temperatur wurde hellgrüne Lumineszenz hervorgerufen, worin die grüne Linie 5380 zu sehen war.

Wismut, Blei, Antimon, Zinn und Aluminium zeigten keine merkliche Lumineszenz.

Schwefel, Selen und Tellur gaben einen sehr schwachen blauen Schein, der ein sehr schwaches im Grün und Blau kontinuierliches Spektrum zeigte.

Meistens waren die beobachteten Linien dieselben, die in Flammen- oder schwachen Funkenspektren zu sehen sind, und scheinen daher Grundschwingungen zu entsprechen.

Ich behalte mir vor, weitere Untersuchungen über den Gegenstand anzustellen.

Universität California, Berkeley, Mai 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 24. Juni 1902.)

Über die freie Elektrizität im dunklen Kathodenraume.

Von A. Wehnelt.

Eingehende Messungen über den Verlauf des Potentiales im dunklen Kathodenraume haben Herrn A. Schuster[2]) zur Aufstellung der Interpolationsformel

$$V_x = V_0 (1 - e^{-Kx})$$

geführt, worin V_x die Potentialdifferenz zwischen dem Punkte x und der Kathode, V_0 die gesamte Potentialdifferenz zwischen dem Glimmlicht und der Kathode und K eine Konstante bedeutet.

Unter Annahme dieser Formel hat dann Herr A. Schuster des weiteren die gesamte freie Elektrizität im dunklen Kathodenraume berechnet.

Vorläufige Messungen[3]) von mir über denselben Gegenstand hatten ergeben, dass die Formel von A. Schuster in grösseren Abständen von der Kathode sich recht gut den Messresultaten anschmiegt, in der Nähe der Kathode jedoch keine Gültigkeit mehr hat.

1) Wied. Ann. 62, 30, 1897.
2) A. Schuster, Proc. Roy. Soc. 47, 642, 1890
3) A. Wehnelt, Diese Z. 2, 518 ff., 1901.

Zur Erlangung genauerer experimenteller Daten für die Berechnung der freien Elektrizität im dunklen Kathodenraume habe ich deshalb die Messungen über den Verlauf des Potentiales längs des dunklen Kathodenraumes noch einmal mit verbesserten Messeinrichtungen wiederholt. Als Kathode diente dabei eine im grossen Raume befindliche Kugel, um jede Beeinflussung durch die Wände des Entladungsgefässes zu vermeiden. Eine ausführlichere Beschreibung der Versuche folgt in den Annalen der Physik. An dieser Stelle möchte ich kurz die Ergebnisse derselben mitteilen.

I. Versuchsanordnung.

Als Kathode diente eine Aluminiumkugel (K) (Fig. 1) von 1 cm Radius. Dieselbe war messbar verschiebbar, so dass ihr Abstand von einer feststehenden Sonde (S) bis auf 0,01 cm genau abgelesen werden konnte. Diese Kathode (K) befand sich in einem grossen cylindrischen Gefäss von 15 cm Durchmesser und 30 cm Länge. Als Anode (A) diente ein langer Aluminiumdraht, der parallel zur Bewegungsrichtung der Kathode nahe der Glaswand befestigt war. Es wurde hierdurch erreicht, dass eine Verschiebung der Kathode auf- oder abwärts nicht die Entladungsbahn und damit auch nicht das gesamte Entladungspotential änderte. Die Kathode war stets durch ein Milliampèremeter zur Erde abgeleitet. Die Potentialdifferenzen zwischen Sonde und Kathode wurden mit einem wohl isolierten Warburgschen Quadrantenelektrometer (in Doppelschaltung) gemessen. Als Stromquellen diente bei Versuchen mit konstanter Stromstärke eine 20plattige Influenzmaschine, bei Versuchen mit variabler Stromstärke eine Hochspannungsbatterie.

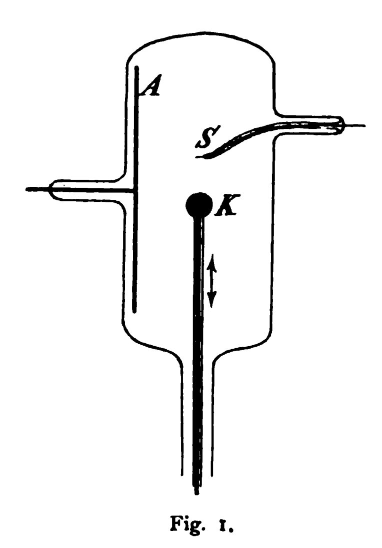


Fig. 1.

II. Verlauf des Potentiales bei verschiedenen Drucken, aber konstanter Stromstärke.

Aus einer grossen Zahl von Messungsreihen seien hier nur 4 aufgeführt, die bei recht verschiedenen Drucken erhalten wurden. In der Tabelle I bedeutet r den jeweiligen Abstand vom Mittelpunkt der Kugelkathode ($R = 1$ cm).

p die Drucke in mm Hg, V die Potentialdifferenzen zwischen Sonde und Kathode.

Tabelle I.

$i = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Amp.

r[1]) =	V (in Volt)									
	1.1	1.2	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
p = 0.2	151	167	182	206	244	262	268			
p = 0.1	226	235	252	268	307	327	337	339		
p = 0.06	322			363	405	434	453	472	477	
p = 0.03	507	527	545	557	584	617	637	671	688	690

III. Verlauf des Potentiales bei konstantem Druck, aber variabler Stromstärke.

Tabelle II.

Die Bezeichnungen sind dieselben wie bei Tabelle I.

$p = 0{,}09$ mm Hg.

r =[2])	V (in Volt)				
	1.1	1.5	2.0	3.0	4.0
i = 0.25 . 10−3 Amp.	252	296	339	373	382
i = 1.0 . 10−3 „	385	446	492	554	565
i = 2.5 . 10−3 „	496	620	704	768	780
i = 4.0 . 10−3 „	622	731	835	939	960

IV. Erörterung der Versuche und Berechnung der freien Elektrizität.

Aus der oben erwähnten Schusterschen Formel

$$V_x = V_0 (1 - e^{-Kx})$$

berechnete ich für mehrere Versuchsreihen den Wert der Zahl K. Folgende kleine Tabelle III zeigt, dass diese Zahl keineswegs eine Konstante ist, d. h. die Schustersche Formel hat keine Gültigkeit. Für eine Reihe von Abständen x von der Kathode sind darunter die für K berechneten Werte verzeichnet.

Tabelle III.

$p = 0{,}2$ mm Hg $\quad i = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Amp.

x =	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0
K =	8.2	4.95	3.76	2.89	2.36	2.39	2.85

$p = 0{,}03$ mm Hg $\quad i = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Amp.

x =	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
K =	12.1	3.0	1.64	1.25	1.06	0.87	0.75	0.76	0.87	0.84

Da die Schustersche Formel demnach keine Gültigkeit hat und es mir auch nicht gelungen ist, eine den Verlauf des Potentiales in befriedigender Weise darstellende Interpolationsformel aufzustellen, so habe ich die Berechnung der freien Elektrizität graphisch ausgeführt, unter der Annahme, dass die Gleichung für die freie Elektrizität

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\pi\varrho \quad . \quad . \quad . \quad 1)$$

auch auf stromdurchflossene Gase anwendbar ist.[1])

Da als Kathode bei den Versuchen eine frei im Raume befindliche, also unbeeinflusste Kugel gedient hatte, so muss die Gleichung (1) in Kugelkoordinaten ausgedrückt werden. Sie lautet alsdann

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial V}{\partial r} = -4\pi\varrho \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Die gesamte freie Elektrizitätsmenge im dunklen Kathodenraume ist dann:

$$E = \int_{r=R}^{r=a} 4\pi\varrho r^2 dr \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3)$$

worin ϱ die Dichte im Abstande r vom Mittelpunkt der Kugelkathode ($R = 1$ cm) und a den Abstand der Glimmlichtgrenze vom Mittelpunkte der Kugelkathode bedeutet.

Die Berechnung der Dichten ϱ habe ich ausgeführt, indem ich aus den nach Tabelle I und II erhaltenen Kurven für den Potentialverlauf diejenigen für $\frac{\partial V}{\partial r}$ und $\frac{\partial^2 V}{\partial r^2}$ graphisch ermittelte.

Die folgenden Tabellen IV und V enthalten die Werte von ϱ (im elektrostatischen Masssystem) für einige Abstände r von der Mitte der Kugelkathode, berechnet aus den in Tabelle I und II niedergelegten Messungen.

(Siehe Tabelle IV und V auf S. 503.)

Die Tabellen zeigen, dass die Dichte ϱ nicht überall dasselbe Vorzeichen hat. Unmittelbar an der Kathode und nahe der Grenze des dunklen Kathodenraumes befindet sich meist freie positive Elektrizität. Zwischen diesen positiven Ladungen befindet sich ein grosser negativ geladener Raum.

Berechnet man aus den Werten von ϱ die freie Elektrizität in dem Raume zwischen zwei Kugeln mit den Radien r und $r + dr$, so hat diese natürlich stets dasselbe Vorzeichen wie ϱ, d. h. die Kathode ist konzentrisch von elektrischen Ladungen verschiedenen Vorzeichens umgeben.

Die algebraische Summe der gesamten freien Elektrizitätsmengen giebt stets einen positiven Wert. Es ist also stets freie positive Elektrizität im Überschuss vorhanden. Die folgende Tabelle Nr. VI giebt die gesamte freie Elektrizität E (in

1) Näher als auf 0,1 cm durfte die Sonde nicht an die Kathode gebracht werden, da sie alsdann durch elektrostatische Kräfte in so starke Schwingungen geriet, dass sie gegen die Kathode stiess.

1) Vergl. J. Stark, Ann. d. Phys. 5, 98—100, 1901.

Tabelle IV.

$r =$		ϱ 1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.5	4.5
$p =$	0,2	0.084	−0.003	−0.002	0.004	0.006	0.009	0.007	0.009	0.009	0.007		
	0.1	0.018	−0.004	−0.004	−0.002	0.001	0.002	0.005	0.007	0.005	0.005	0.003	
	0.06	−0.032	−0.020	−0.018	−0.014	−0.006	−0.002	−0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.002
	0.03	0.100	0.055	−0.004	−0.007	−0.006	−0.005	−0.002	−0.004	−0.005	0.0003	−0.0002	0.001

$i = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Amp.

Tabelle V.

$r =$		ϱ 1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.5
$i =$	0.25 . 10−3	−0.017	−0.020	−0.012	−0.007	−0.001	0.004	0.002	0.007	0.006	0.007	0.002
	1.0 . 10−3	−0.018	−0.026	−0.018	−0.01	−0.005	−0.002	0.001	0.004	0.006	0.006	0.005
	(2.5 . 10−3)	[0.110	−0.011	0.007	0.041	0.002	0.009	0.009	0.008	0.007	0.007	0.005]
	4.0 . 10−3	−0.015	−0.041	−0.035	−0.027	−0.023	−0.007	0.007	0.027	0.018	0.008	0.006

$p = 0{,}09$ (bei $i = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ Amp. war $p = 0{,}1$ mm Hg).

Coulombs) im dunklen Kathodenraume bei verschiedenen Drucken und bei verschiedenen Stromstärken, berechnet aus den in Tabelle I und II verzeichneten Messresultaten.

Tabelle VI.

$i = 0{,}3 \cdot 10^{-3}$ Amp.

$p =$	0.2	0.1	0.06	0.03
E[1]) =	0.31 . 10−9	0.27 . 10−9	0.12 . 10−9	0.05 . 10−9

$p = 0{,}09$ mm Hg (für $i = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ Amp. war $p = 0{,}1$ mm Hg, daher der weit höhere Wert für E).

$i =$	0.25 . 10−3	1.0 . 10−3	(2.5 . 10−3)	4.0 . 10−3
E[1]) =	0.14 . 10−9	0.21 . 10−9	(0.66 . 10−9)	0.34 . 10−9

Da die graphische Methode nur sehr angenäherte Werte giebt, so können die in der Tabelle gegebenen Zahlen keinerlei Anspruch auf Genauigkeit erheben. Jedenfalls ist aus den Zahlen aber zu entnehmen, dass die gesamte freie Eletrizität mit abnehmendem Drucke geringer wird und mit zunehmender Stromstärke wächst.

Die gesamte im dunklen Kathodenraume befindliche freie Elektrizität influenziert auf der zur Erde abgeleiteten Kathode eine leicht zu berechnende Elektrizitätsmenge.

Betrachten wir im dunklen Kathodenraume eine unendlich dünne zur Kugelkathode konzentrische Kugelschale mit den Radien r und $r + dr$ und der konstanten Dichte ϱ, so ist in derselben eine Elektrizitätsmenge

$$e = 4\pi r^2 \varrho \cdot dr$$

enthalten.

Das Potential dieser Ladung auf einen Punkt im Inneren ist $= \frac{e}{r}$. Die gesamte influenzierte Elektrizitätsmenge sei E', dann ist das Potential dieser auf einen inneren Punkt $= \frac{E'}{R}$ (wo R = Radius der Kugelkathode ist). Da die Kathode zur Erde abgeleitet ist, so muss das Gesamtpotential im Inneren Null sein, also

$$\frac{E'}{R} + \frac{e}{r} = 0.$$

Für die gesamte Ladung im dunklen Kathodenraume gilt dann

$$\frac{E'}{R} + \Sigma \frac{e}{r} = 0,$$

$$\text{wo } \Sigma \frac{e}{r} = \int_{r=R}^{r=a} \frac{4\pi r^2 \varrho \, dr}{r} \text{ ist}$$

(a = Abstand der Grenze des dunklen Kathodenraumes vom Mittelpunkt der Kugelkathode).

Hieraus ergiebt sich

$$E' = -R \int_{r=R}^{r=a} \frac{4\pi r^2 \varrho \cdot dr}{r}.$$

Die Ausführung der Berechnung ergiebt. dass auf der Kugel negative Elektrizität influenziert wird. Zahlen anzugeben hat keinen Zweck, da die graphische Ermittelung zu ungenaue Werte ergiebt.

Diese negative Influenzelektrizität kann Veranlassung zu Kathodenstrahlen geben, denn die vom Glimmlicht ausgehenden starken ultravioletten Strahlen werden eine ständige Zerstreuung dieser Ladung bewirken.

Erlangen, Physik. Instit. d. Univ., Juli 1902.

(Eingegangen 4. Juli 1902.)

1) E in Coulombs angegeben.

Einfluss des Elektrodenmetalles auf die Anfangsspannung.

Von J. Stark.

1. Folgerungen der Theorie.

Zwei Elektroden mögen sich in sekundär wenig ionisiertem Gase gegenüberstehen; zwischen ihnen sei eine elektrische Spannungsdifferenz von kleinem Betrage vorhanden. Es ist dann zwischen den Elektroden im Gas ein elektrostatisches Feld vorhanden, nach Massgabe der Form und des Abstandes der Elektroden. Dieses statische Feld bleibt bestehen, wenn die Spannungsdifferenz der Elektroden langsam erhöht wird. Die Erhöhung kann aber nicht unbegrenzt fortgesetzt werden; es wird schliesslich ein Wert der Spannungsdifferenz der Elektroden erreicht, bei dessen Überschreitung das Gas elektrisch leitend wird und darum eine starke elektrische Strömung oder eine Entladung durch sich hindurch ermöglicht. Insofern diese Art der Entladung den ionisierten Zustand des Gases durch die Energie ihres elektrischen Feldes selbst herbeiführt, heisst sie Selbstentladung; und derjenige Wert der Spannungsdifferenz der Elektroden, bei welchem sie eintritt, heisst ihre Anfangsspannung.

Wie durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt wurde, ist die Anfangsspannung der elektrischen Selbstentladung eine Funktion des Elektrodenabstandes, des Gasdruckes, der Gasart und der Elektrodenform; auch der Einfluss der Temperatur auf sie lässt sich in einfacher Weise klarmachen. Nicht einig ist man über den Einfluss der Art des Elektrodenmetalles auf die Anfangsspannung; doch scheint eine grosse Zahl von Physikern der Ansicht zuzuneigen, dass die Anfangsspannung vom Elektrodenmetall unabhängig sei. Diese Ansicht ist indes falsch.

Wie an einer anderen Stelle (Ann. d. Physik **7**, 919, 1902) ausführlich dargelegt wurde, kommt die von einer Elektrode ausgehende elektrische Selbstentladung dadurch zu stande, dass in der Gasschicht an der Elektrode (Entladeelektrode) eine zweifache Grenzionisierung erfolgt, dass also die positiven Ionen und dann natürlich auch die negativen auf ihrer mittleren freien Weglänge ihre Ionisierungsspannung frei durchlaufen und am Ende derselben das Gas durch ihren Stoss ionisieren. Ist die Entladeelektrode positiv, also Anode, so gehen die positiven Ionen von ihr weg und wirken ausserhalb des Wirkungsbereiches des Elektrodenmetalles gegen das Gasinnere ionisierend; diese Ionisierungsspannung der positiven Ionen gegen das Gasinnere ($\triangle Vma$) ist darum unabhängig von dem Metall der Elektrode. Ist dagegen die Entladeelektrode negativ, also Kathode, so erfolgt die Ionisierung des Gases durch die auf sie zuschiessenden positiven Ionen in der Grenzschicht gegen das Metall; die Ionisierungsspannung ($\triangle Vmk$) ist nunmehr abhängig von dem Elektrodenmetall. Dieses setzt nämlich an den in seinem Wirkungsbereich liegenden Gasteilchen die Ionenenergie und damit auch die Ionisierungsarbeit (Ionisierungsspannung) herab. $\triangle Vmk$ ist darum kleiner als $\triangle Vma$ und im allgemeinen von Metall zu Metall verschieden.

Die Definition der Anfangsspannung (Va) lässt sich für die von einer Elektrode ausgehende Selbstentladung aus der Forderung gewinnen, dass an der Entladeelektrode auf der mittleren freien Weglänge (λp) der positiven Ionen deren Ionisierungsspannung ($\triangle Vma$ bez. $\triangle Vmk$) zu liegen habe. Ist V die Spannungsfunktion des elektrostatischen Feldes, Vo die Spannung der anderen Elektrode, so ergiebt sich (Ann. d. Physik **7**, 924, 1902)

$$Va = \triangle Vm + V(\lambda p) - Vo.$$

Bleibt die Form und der Abstand der Elektroden ungeändert, bleibt also das elektrostatische Feld bei Änderung des Gasdruckes oder der Art des Elektrodenmetalles sich ähnlich, so lässt sich die Spannungsfunktion in der Form $\varphi \, . \, f(x,y,z)$ geben, in der $f(x,y,z)$ ausschliesslich eine Funktion der Koordinaten ist. In diesem Falle lässt sich die Gleichung der Anfangsspannung so formulieren:

$$Va = \triangle Vm \frac{fe - fo}{fe - f(\lambda p)}.$$

Hierin ist fe der Wert von f auf der Entladeelektrode, fo derjenige auf der zweiten Elektrode. Der Druck und die Art des Gases zwischen den Elektroden, deren Form und Abstand möge konstant gehalten werden, geändert werde die Art des Elektrodenmetalles. Dazu setzen wir voraus, dass die Entladung immer von einer Elektrode ausgehe. Es lassen sich dann aus den Gleichungen der Anfangsspannung folgende Sätze ableiten.

Ist die Entladeelektrode positiv, so ist die Anfangsspannung unabhängig von dem Elektrodenmetall. Ist die Kathode Entladeelektrode, so hängt der Wert der Anfangsspannung von der chemischen Natur der Kathodenoberfläche ab, ist indes unabhängig von dem Metall der Anode.

Sind die Anode und Kathode kongruent in Form, Grösse und Metall und sind sie entgegengesetzt gleichhoch geladen, so wird die Kathode Entladeelektrode; die Anfangsspannung hängt darum in diesem Falle ab von dem Elektrodenmetall. Die Anode lässt sich dadurch zur Entladeelektrode machen,

dass man an ihr die Spannung stärker abfallen lässt als an der Kathode. Dies geschieht, indem man unsymmetrische Elektroden wählt, nämlich auf der einen Seite eine kleine Kugel, einen Kegel, eine Spitze, einen dünnen Cylinder, auf der anderen Seite eine grössere Kugel oder eine Platte. Die Elektrode mit dem grösseren Spannungsabfall wird dann Entladeelektrode.

Bei unsymmetrischen Elektroden ist die Anfangsspannung grösser, wenn die Entladeelektrode positiv, als wenn sie negativ ist; ihr Verhältnis in den zwei Fällen ist gleich $\triangle Vma / \triangle Vmk$. Im ersten Falle ist die Anfangsspannung unabhängig von dem Metall der Entladeelektrode, in dem zweiten Fall ändert sie sich mit demselben.

$\triangle Vmk$ ist gleich dem normalen Kathodenfall an dem Metall der Entladeelektrode. Demgemäss geht die Änderung der Anfangsspannung bei negativer Entladeelektrode Hand in Hand mit der Änderung des normalen Kathodenfalls; die Anfangsspannung ist um so kleiner, je kleiner der Kathodenfall an der Entladeelektrode ist. Da der Kathodenfall fast an allen oberflächlich oxydierten Metallen den gleichen Wert wie ungefähr an Platin hat, so ist auch die Anfangsspannung nahezu unabhängig von dem Elektrodenmetall, wenn dieses oberflächlich oxydiert ist. Um den Einfluss des Elektrodenmaterials auf die Anfangsspannung der Selbstentladung zu finden, hat man darum mit reinen Elektroden in Gasen zu arbeiten, welche deren Oberfläche nicht chemisch verändern.

2. Beobachtungen über polare Unterschiede bei der Selbstentladung.

Es ist bereits eine grosse Zahl von Untersuchungen über die Anfangsspannung der Selbstentladung zwischen unsymmetrischen Elektroden angestellt worden. Sie haben weitaus zum grössten Teile das Resultat ergeben, dass die Anfangsspannung bei positiver Ladung der Entladeelektrode grösser ist als bei negativer Ladung. Der abweichende Befund einer kleinen Zahl von Beobachtungen erklärt sich daraus, dass bei ihnen die Genauigkeit der Messung nicht genügend war oder dass sekundäre Störungen nicht ausgeschlossen waren.

So erfolgt die Selbstentladung zwischen einer Spitze einerseits und einer ausgedehnten Elektrode (Platte, Kugel, Cylinder) andererseits bei negativer Ladung der Spitze schon für eine kleinere Anfangsspannung als bei positiver Ladung. Diese Thatsache[1]) ist bereits so häufig und mit einer solchen Genauigkeit nachgewiesen worden, dass sie heute wohl von keiner Seite mehr angezweifelt wird.

Benützt man als eine Elektrode einen Cylinder (dünnen Draht), als zweite Elektrode eine parallele Platte oder allgemeiner einen ausgedehnten Leiter, so ist die Anfangsspannung ebenfalls grösser, wenn der Cylinder Anode, als wenn er Kathode ist.[1])

Der polare Unterschied bei der Selbstentladung zeigt sich endlich auch, wenn man als eine Elektrode eine kleine Kugel, einen Kegel oder das abgerundete Ende eines Cylinders, als zweite Elektrode eine grössere Kugel oder eine Platte benützt.[2]) Auch in diesem Falle ist die Anfangsspannung kleiner, wenn die erste Elektrode Kathode, als wenn sie Anode ist.

3. Beobachtungen über den Einfluss verschiedener Elektrodenmetalle auf die Anfangsspannung.

In den Versuchen, die im Nachstehenden besprochen sind, ist der Druck und die Art des Gases sowie die Form und der Abstand der Elektroden konstant gehalten; geändert wird lediglich die Art des Elektrodenmetalles. Die Beobachtungen über die Abhängigkeit der Anfangsspannung vom Elektrodenmetall sind noch nicht zahlreich; indes lassen sie die Richtigkeit der oben theoretisch gezogenen Folgerungen bereits unzweifelhaft erkennen.

Nach Righi[3]) ist die Anfangsspannung der Selbstentladung zwischen Platinkugeln grösser als zwischen Messingkugeln von gleichem Radius und gleichem Abstand; ist die eine Elektrode eine Platin-, die andere eine Kupferkugel, so ist die Anfangsspannung kleiner, wenn die letztere Kathode ist; ähnliche Resultate ergeben sich für andere Metalle.

Paschen[4]) schreibt bezüglich der Anfangsspannung der Selbstentladung in Luft zwischen Kugelelektroden aus Messing folgendes: „Nachdem die Kugeln geputzt waren, wurde der zu messende Abstand eingestellt und sofort ein Beobachtungssatz von 4 bis 8 Funken in Zwischen-

1) Faraday, Exp. Res. Ser. 13; § 1493, 1838; Righi, Nuov. Cim. (2) 16, 89, 1876; Röntgen, Gött. Nachr. 1878, 396; De la Rue u. Müller, Phil. Trans. 169, 55, 1878; Macfarlane, Phil. Mag. (5) 10, 402, 1880; Precht, Wied. Ann. 49, 150, 1893; Warburg, Wied. Ann. 67; 7, 1899; Ann. d. Phys. 2, 295, 1900; Sieveking, Ann. d. Phys. 1, 299, 1900; Tamm, Ann. d. Phys. 6, 277, 1901.

1) Bichat, Ass. Franc. Nancy, 15, 243, 1886; Borgesius, Metingen van de potentiaalverschillen; Diss., Groningen, 1892, 104; Overbeck, Wied. Ann. 60, 193, 1897.

2) Faraday, Exp. Res. Ser. 13, § 1480, 1838; Belli, Bibl. Italiana 36, 280; Gaugain, Ann. Chim. et Phys. (4) 8, 108, 1866; G. Wiedemann u. Rühlmann, Pogg. Ann. 145, 235, 364, 1872; Righi, Nuov. Cim. (2) 16, 89, 1876; Holtz, Wied. Ann. 11, 513, 1880; Macfarlane, Phil. Mag. (5) 10, 402, 1880; Borgesius, a. a. O. S. 66; Heydweiller, Wied. Ann. 48, 213, 1893.

3) Righi, a. a. O. S. 100, 117.

4) Paschen, Wied. Ann. 37, 76, 83, 1889.

räumen von ungefähr einer Minute gewonnen. Dabei zeigte sich bald, dass der erste Funke fast durchgängig ein etwas kleineres, die folgenden dasselbe etwas höhere Potential hatten. Als Grund hierfür mag eine Veränderung der metallischen Oberfläche durch den ersten Funken anzusehen sein." Heydweiller[1]) bestätigte die Beobachtung Paschens.

Borgesius[2]) hat die Anfangspannung der Selbstentladung in Luft zwischen zwei Plattenelektroden aus verschiedenem Metall bestimmt. Es zeigte sich, dass bei mehreren Metallen die Anfangsspannung für den ersten Funken ebenfalls eine andere war als für die folgenden, ferner für verschiedene Metalle verschiedene Werte besass. Mehrere Metalle ergaben auch für spätere Funken verschiedene Anfangsspannungen.

Wenn in neuerer Zeit Precht[3]) und Orgler[4]) für verschiedene Elektrodenmetalle denselben Wert der Anfangsspannung erhielten, so hat dies nach meiner Ansicht den Grund darin, dass sie nicht mit oxydfreien Oberflächen arbeiteten.

Bichat[5]) hat mit einem zu Messzwecken konstruierten elektrischen Flugrad die Anfangsspannung für die Selbstentladung an dünnen Drähten bestimmt. Er hat hierbei auch den Einfluss des Elektrodenmetalles untersucht. Ich habe die wertvolle Arbeit Bichats erst nach Veröffentlichung der von mir entwickelten Ionenstosstheorie der Selbstentladung kennen gelernt. Es ist überraschend, wie genau sich die zunächst gewagt erscheinende Vorhersage der Theorie in Bichats Versuchen bestätigt. Da die Arbeit Bichats wenig bekannt ist und für Anstellung weiterer Versuche in der angegebenen Richtung sehr lehrreich ist, sei hier ein Teil von ihr übersetzt wiedergegeben.

„Für den gleichen Platindraht behält die Anfangsspannung genau denselben Wert bei, wenn nur der Draht vollkommen rein ist. Für den Platindraht von dem angegebenen Durchmesser (0,00501 cm) schwankt der absolute Wert der Anfangsspannung in den Versuchen mit mehreren Wochen Zwischenzeit zwischen 68,3 und 69,9. — Wenn das Flugrad negativ geladen ist, findet man ebenfalls, dass es so lange in Ruhe bleibt, als die Spannung nicht einen bestimmten Wert erreicht hat, bei dessen Überschreitung es sich zu bewegen beginnt. Der einzige Unterschied beim Platin besteht darin, dass die Anfangsspannung einen kleineren Wert hat als bei positiver Ladung des Flugrades. So beträgt für den 0,00501 cm dicken Draht der mittlere Wert der Anfangsspannung nur 63,2. Wenn der Platindraht gut gereinigt ist, sind die Schwankungen der Anfangsspannung um den angegebenen Mittelwert ziemlich klein; indes sind sie merklich grösser als bei positiver Ladung des Flugrades. Die äussersten Werte sind 61,4 und 64,8.

Es ist interessant, die Resultate zu vergleichen, welche man mit Drähten von gleicher Dicke, aber verschiedenem Metall erhält. Ich habe nacheinander Drähte von Gold, Silber, Eisen, Nickel und Aluminium untersucht; sie hatten alle denselben Durchmesser wie der Platindraht (0,00501 cm).

Das Gold hat dieselben Resultate wie das Platin ergeben, sowohl für positive wie für negative Ladung des Flugrades.

Das Silber liefert auch die gleichen Resultate wie das Gold und Platin. Die Anfangsspannung hat noch genau den gleichen mittleren Wert 69,2 für positive und 63,5 für negative Ladung. Wenn man den Silberdraht nach Behandlung mit Schwefelwasserstoff untersucht, so zeigt die Anfangsspannung noch denselben Wert wie zuvor im Falle positiver Ladung; für negative Ladung ist sie indes unverkennbar kleiner geworden; sie kann bis auf den Wert 53 erniedrigt werden, auf dem sie übrigens kurze Zeit stehen bleibt. Wenn man den Versuch fortsetzt, so nimmt die Anfangsspannung allmählich wieder zu, um schliesslich den Wert 63 zu erreichen, welcher nahezu gleich demjenigen ist, den man bei völliger Reinheit des Drahtes findet.

Im Falle des Eisens ist die Anfangsspannung bei positiver Ladung noch genau dieselbe wie für die vorhergehenden Metalle. — Die negative Ladung liefert viel unregelmässigere Zahlen. Der Wert der Anfangsspannung ist für einen sehr reinen Draht im Anfang ziemlich klein, nämlich ungefähr 56; er wächst darauf allmählich mit der Zeit, um schliesslich die Zahl 63,1 zu erreichen, die nahezu gleich derjenigen für Platin ist.

Beim Nickel erhält man analoge Resultate wie beim Eisen; für positive Ladung ist die Anfangsspannung wenig verschieden von derjenigen, welche die vorangehenden Metalle liefern, ihr mittlerer Wert ist nahezu gleich 69. Aber im Falle negativer Ladung schwankt die Anfangsspannung zwischen viel weiteren Grenzen; sie geht herab bis zu 35 und kann nach längerer Benützung des Drahtes einen mittleren Wert von 63 erreichen, der sich ja auch für Gold und Platin ergiebt.

Das Aluminium endlich zeigt analoge Unregelmässigkeiten. Die Anfangsspannung bei positiver Ladung des Flugrades ist immer nahezu 69. Bei negativer Ladung steigt es dagegen von 51 auf 63. Diese Veränderung kommt allmählich,

1) Heydweiller, Wied. Ann. **48**, 217, 1893.
2) Borgesius, a. a. O. S. 125.
3) Precht, Wied. Ann. **49**, 150, 1893.
4) Orgler, Ann. d. Phys. **1**, 174, 1900.
5) Bichat, Sur le tourniquet électrique et la déperdition de l'électricité par convection, Ass. Franc. Nancy, **15**, 243 bis [illegible], 1886.

der kleinste Wert entspricht immer dem neuen Draht.

Aus dieser vergleichenden Untersuchung an Flugrädern mit Drähten von verschiedenem Metall, aber gleichem Durchmesser folgt, dass die Anfangsspannung unverkennbar die gleiche ohne Rücksicht auf das Metall ist, wenn das Flugrad positive Ladung besitzt. Bei negativer Ladung ist der Wert der Anfangsspannung, welcher für Gold und Platin gleich ist, erst kleiner für Eisen, Nickel, Silber, Aluminium; er nimmt darauf mit der Zeit zu, um genau gleich demjenigen zu werden, welchen man für die unter den Versuchsbedingungen schwerer sich ändernden Metalle erhält. Diese Veränderlichkeit ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Metalle in Luft — — sich oberflächlich mit einer Oxydschicht bedecken. Dass dem wirklich so sei, dafür spricht folgende Beobachtung. Macht man ein Flugrad aus Eisendrähten, die von vornherein in einem Ozonstrom oxydiert wurden, so erhält man schon das erste Mal Werte, welche sehr nahe denen für Platin liegen."

Göttingen, Jnni 1902.

(Eingegangen 24. Juni 1902.)

Der sogenannte Übergangswiderstand der Funkenentladung.

Von J. Stark.

1. Die Erscheinung und frühere Erklärungsversuche.

Der elektrische Funke oder allgemeiner die Selbstentladung kann nicht eintreten, bevor nicht die Spannungsdifferenz der Elektroden einen gewissen Wert, die Anfangsspannung, erreicht hat. Für kleine Elektrodenabstände (l) lässt sich in kleinen Variationsintervallen die Anfangsspannung V als lineare Funktion von l darstellen: $V_a = \alpha + \beta \cdot l$. Die Konstante α beträgt mehrere Hundert Volt; sie hat zur Folge, dass auch bei sehr kleinen Elektrodenabständen der Eintritt der Selbstentladung eine beträchtliche Spannungsdifferenz beansprucht.

Dies Verhalten der Selbstentladung bei kleinen Elektrodenabständen ist schon lange bekannt; Fig. 1 stellt dahingehende Messungen von W. Thomson[1]) (Plattelektroden) und Borgesius[2]) (Kugelelektroden) dar.

Zur Erklärung der Erscheinung hat Maxwell (Treat. Art. 59 u. 369) zwei Hypothesen aufgestellt. „Man kann vielleicht annehmen, dass die Luft an den Oberflächen der Konduktoren

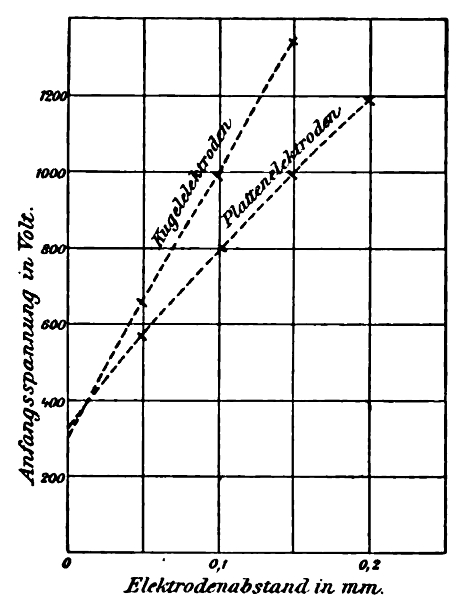


Fig. 1.

sich verdichtet und so besser isoliert; sind dann die beiden Konduktoren sehr nahe, so stossen die kondensierten Luftstrata aneinander. Es ist aber auch möglich, dass überhaupt das Potential eines geladenen Konduktors nicht mit dem in der berührenden Luftschicht übereinstimmt, sondern sich von ihm um eine Grösse unterscheidet, die gerade vor der Entladung ihren maximalen Betrag erreicht." Chrystal[1]) wies noch auf die zwei folgenden Erklärungsmöglichkeiten hin. Es kann einmal die Luft in der Nähe der Elektroden elektrisch geladen sein; sodann kann die Dielektrizitätskonstante der Luft in der Oberflächenschicht eine Funktion des Abstandes von der Oberfläche sein.

Den meisten Anklang fand die erste Hypothese Maxwells. Indes wies Heydweiller darauf hin, dass zum Ende einer ausreichenden Erklärung die Verdichtung der Luft an den Elektroden eine bis dahin ungekannte Grösse haben müsste, und Borgesius (a. a. O. 112) zeigte experimentell auf optischem Wege, dass eine solche Verdichtung nicht vorhanden ist. Ebenso lässt sich zeigen, dass auch die drei anderen Hypothesen unhaltbar sind. Sie sind vor allem nicht mit der unten näher besprochenen Beobachtung in Einklang zu bringen, dass die Dicke der Gasschicht, auf welcher die durch die Konstante α gegebene Spannungsdifferenz liegt, angenähert umgekehrt proportional dem Gasdruck ist und daher sehr gross werden kann.

In neuerer Zeit hat man zur Erklärung der fraglichen Erscheinung von einem Übergangswiderstand gesprochen, der sich in konstanter Stärke dem Übergang der Elektrizität zwischen

1) W. Thomson, Proc. Roy. Soc. 10, 326, 1860.
2) Borgesius, Metingen van de potentiaalverschillen, Diss., Groningen 1892, 47.

1) Chrystal, Proc. Edinb. Soc. 1882, 487.

Gas und Elektrode entgegensetzen soll. Das Wort Übergangswiderstand giebt indes keine Erklärung, sondern ist lediglich eine andere und noch dazu unklare Ausdrucksweise für die in Rede stehende Erscheinung. Das Wort ist überdies unsachgemäss. In elektrischer Hinsicht ist das Wort Widerstand bereits für einen anderen wohldefinierten Begriff, den Ohmschen Leitungswiderstand, vergeben; man sollte es darum nicht auch noch auf eine Erscheinung anwenden, die mit diesem nicht das geringste gemeinsam hat. Welcher Art ist die Schicht, in welcher der rätselhafte „Übergangswiderstand" liegen soll? Dass in der Grenze zwischen Gas und Elektrode nicht ein grosser Ohmscher Widerstand liegt, geht aus folgender Thatsache hervor. Wenn man das Gas zwischen den Elektroden kräftig sekundär ionisiert, so lässt sich eine starke Strömung zwischen ihnen herstellen, auch wenn das Gas unmittelbar an der Oberfläche der Elektroden nicht ionisiert wird.

2. Folgerungen aus der Ionenstosstheorie und Beobachtungen.

Nach der Ionenstosstheorie [1]) kommt die elektrische Selbstentladung dadurch zu stande, dass an einer Elektrode, der Entladeelektrode, zweifache Grenzionisierung durch Ionenstoss eintritt. An der einen Seite dieser Grenzionisierung ionisieren die positiven Ionen durch ihren Stoss das Gas, auf der anderen Seite die negativen Ionen. Ist beispielsweise die Kathode Entladeelektrode, so wirken die auf sie zuschiessenden positiven Ionen unmittelbar an ihrer Oberfläche ionisierend, etwas davon entfernt im Gasinnern die wegfliegenden negativen Ionen. Die Länge der zweifachen Ionisierungspartie ist gleich der mittleren freien Weglänge der positiven Ionen, die auf ihr liegende Spannungsdifferenz gleich der Ionisierungsspannung der positiven Ionen. Ist die Kathode Entladeelektrode, so ist diese Spannungsdifferenz gleich dem normalen Kathodenfall.

Ist V_a die Anfangsspannung, $\triangle V_{ma}$ bezw. $\triangle V_{mk}$ die Ionisierungsspannung der positiven Ionen an der Anode bezw. Kathode, V die Spannungsfunktion zwischen den Elektroden, λ_p die mittlere freie Weglänge der positiven Ionen, V_0 die Spannung der Elektrode, an welcher die Entladung nicht einsetzt, so gilt:

$$V_a = \triangle V_m + V(\lambda_p) - V_0.$$

Aus der vorstehenden Gleichung ziehen wir die Folgerungen für kleine Elektrodenabstände. Bei grosser Nähe der Elektroden ist an beiden der Spannungsabfall nahezu gleich gross. Da $\triangle V_{mk}$ beträchtlich kleiner ist als $\triangle V_{ma}$, so wird bei kleinem Elektrodenabstand immer die Kathode zur Entladeelektrode; die Gleichung der Anfangsspannung wird darum für diesen Fall:

$$V_a = \triangle V_{mk} + V(\lambda_p) - V_0.$$

Die Anfangsspannung hat ihren kleinsten Wert, ist nämlich gleich dem normalen Kathodenfall, wenn $V(\lambda_p) - V_0 = 0$, wenn also der Elektrodenabstand l gleich der mittleren freien Weglänge (λ_p) der positiven Ionen geworden ist. Bei weiterer Verkleinerung sind zwei Fälle zu unterscheiden. Erstens kann, beispielsweise bei parallelen Plattenelektroden, die Länge sämtlicher Kraftlinien, welche von der Kathode zur Anode durch das Gas laufen, kleiner sein als die freie Weglänge (λ_p). In diesem Falle erreichen die meisten sekundär vorhandenen positiven Ionen die Kathode, ohne zuvor das Gas durch ihren Stoss zu ionisieren; soll Selbstentladung eintreten, so muss die Anfangsspannung über den normalen Kathodenfall gesteigert werden, damit die wenigen innerhalb des Gases zum Stoss gelangenden positiven Ionen zur Ionisierung befähigt werden. Zweitens können einige Stellen der Kathode bereits von der freien Weglänge λ_p (von der Anode aus gemessen) erreicht werden, andere dagegen nicht. In diesem Falle springt die Selbstentladung von jenen auf diese Stellen über, schlägt also nicht mehr den kürzesten Weg zwischen den Elektroden ein; die Anfangsspannung bleibt indessen auch noch bei weiterer Verkleinerung des Elektrodenabstandes auf dem normalen Kathodenfall stehen.

Zur Erzielung des kleinsten Wertes der Anfangsspannung (normaler Kathodenfall) ist eine Verminderung des Gasdruckes oder Vergrösserung der freien Weglänge der Ionen äquivalent einer Verkleinerung des Elektrodenabstandes. Die Dicke der Gasschicht, welche den sogenannten Übergangswiderstand in sich birgt, auf welcher, schärfer gesprochen, der normale Kathodenfall liegt, ist angenähert umgekehrt proportional dem Gasdruck und ist gleich dem grössten Elektrodenabstand, welcher den kleinsten Wert der Anfangsspannung ergiebt. Wie der normale Kathodenfall, so ist auch die kleinste Anfangsspannung der Selbstentladung abhängig von der Art des Gases und des Elektrodenmetalles.

Die vorstehenden Folgerungen sind fast alle bereits durch das Experiment bestätigt worden. Strutt [1]) untersuchte die Abhängigkeit der Anfangsspannung vom Gasdruck für parallele Plattenelektroden. Er fand als kleinsten Wert der Anfangsspannung in verschiedenen Gasen den normalen Kathodenfall; mit einer kleineren Span-

1) Ann. d. Phys. 7, 417, 919, 1902.

1) Strutt, Phil. Trans. 193, 377, 1900.

nungsdifferenz konnte er keine Funkenentladung hervorbringen. Dies Resultat kann nicht erschüttert werden durch eine Angabe von Earhart.[1] Dieser untersuchte die Anfangsspannung zwischen einer Kugel und einer Ebene bei kleinen Abständen. Solange die Anfangsspannung bei ihm oberhalb des Kathodenfalls lag, reihten sich seine Werte geradlinig aneinander, für sehr kleine Abstände giebt er zwar Werte an, welche kleiner sind als der Kathodenfall, aber ganz ausser der Reihe der anderen Werte liegen, offenbar einem anderen Gesetz folgen und einem anderen Vorgang als der Selbstentladung zuzueignen sind.

Erinnert sei ferner daran, dass auf der Länge des Kathodendunkelraumes der Kathodenfall liegt und dass dessen normaler Wert unabhängig vom Gasdruck ist; die Länge des Kathodendunkelraumes ist angenähert umgekehrt proportional dem Gasdruck.

1) Earhart, Phil. Mag. (6) 1, 147, 1901.

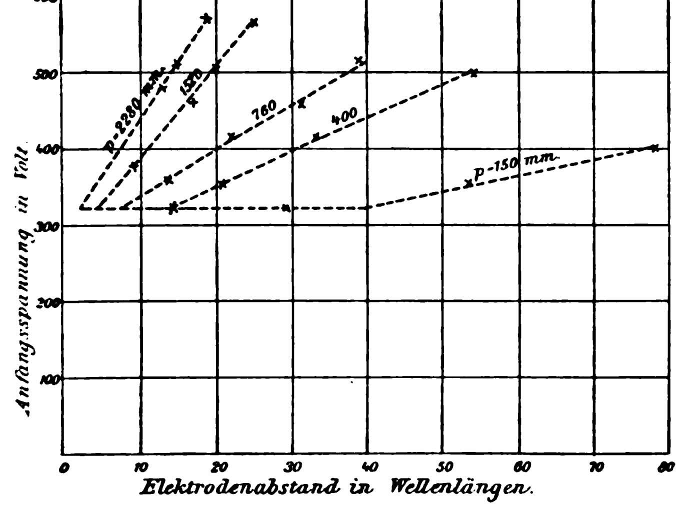


Fig. 2.

Nach Hittorf, Wiedemann, Lehmann und anderen verschwindet bei Annäherung der Elektroden von demjenigen Teil der Anode das Glimmen, welcher in den Kathodendunkelraum taucht und begiebt sich auf entferntere Teile der Anode; ein analoger Vorgang hat an der Kathode statt. Wird die Anode der Kathode soweit genähert, dass sich alle ihre Punkte im Dunkelraum befinden, so steigt die Elektrodenspannung sehr stark an. In Strutts Versuchen über die Selbstentladung zwischen nahen Plattenelektroden stieg die Anfangsspannung nach Erreichung ihres kleinsten Wertes wieder schnell an, als der Gasdruck weiter erniedrigt wurde.

Die vorstehende Figur 2 ist nach Angaben von Earhart gezeichnet; sie bezieht sich auf Luft, die Wellenlänge ist diejenige der D-Linie. Wie man ersieht, lässt sich die Anfangsspannung der Selbstentladung in der Nähe ihres Minimums (etwa 320 Volt) durch eine Gleichung von der Form $V_a = \alpha + \beta \cdot l$ darstellen; α und β sind hierbei Funktionen des Druckes. Dies ergiebt sich auch aus unserer Gleichung der Anfangsspannung. Wir dürfen in der Richtung des grössten Spannungsabfalles das elektrische Feld nahezu als homogen betrachten und können (bei Vertauschung des Vorzeichens von Anode und Kathode) $V = a - b \cdot x$ setzen, wo a die Spannung der Kathode ist. Die Gleichung der Anfangsspannung wird dann

$$V_a = \triangle V_{mk} + b \cdot (l - \lambda_p).$$

Diese Gleichung gilt für $l \geq \lambda_p$ in einem kleinen Variationsgebiet von l. Für $V_a = \triangle V_{mk}$ ist $\lambda_p = l$. Die freie Weglänge der positiven Ionen lässt sich demnach aus der Figur entnehmen, sie ist aufsteigend von kleinen zu grossen Drucken bezw. 40, 15, 8, 4, 2,7 Wellenlängen; für die Produkte aus Druck und Weglänge ergiebt sich bez. 6000, 6000, 6080, 6080, 6156.

Göttingen, Juni 1902.

(Eingegangen 3. Juli 1902.)

BESPRECHUNGEN.

G. Bigourdan, Le système métrique des poids et mesures. 8⁰. VI u. 458 S. Paris 1901.

In einem ziemlich umfangreichen Bande giebt der Verfasser eine ausführliche Geschichte der Einführung des metrischen Systems. Wie wenig andere ist gerade Bigourdan zur Herausgabe eines solchen Werkes befähigt. Langjährige Studien auf dem Gebiete der technischen Wissenschaften sowohl, wie die ihm im vollen Umfange zu Gebote stehenden urkundlichen Schätze des Pariser Observatoriums standen ihm zur Seite.

Der Inhalt des Buches ist daher auch eine Sammlung aller auf die Geschichte dieses einheitlichen Mass- und Gewichtssystems bezüglichen Dokumente von seltener Vollständigkeit, und die dazwischen geschobenen Kapitel erläuternden und erzählenden Inhaltes sind von hohem Interesse. Wohl mag manchem Leser die Langwierigkeit der Verhandlungen in ihren einzelnen Stadien, die bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts zurückgehen[1], etwas ermüden,

1) Den ersten Vorschlag, eine Toise auf Grund der Erdmessung selbst herzustellen („tiré de la nature même"), hat schon Picard im Jahre 1668 gemacht.

aber charakteristisch für die Geschichte des metrischen Systems sind sie gewiss.

Der erste Abschnitt des Buches ist als Einleitung behandelt, er führt alle die Vorarbeiten und früheren Vorschläge zu einem einheitlichen, und wie man beabsichtigte, einem Naturmass auf. Von dem Zeitpunkt an, in dem als Grundeinheit die Länge des Quadranten eines Erdmeridians in Vorschlag gebracht und gesetzlich sanktioniert war, ist die Geschichte des metrischen Systems zugleich eine solche der gesamten Erdmessung. Ihr Verlauf ist daher auch in diesem Sinne von grossem Interesse; knüpfen doch bis auf den heutigen Tag eine Anzahl geodätische Untersuchungen an diese Vorarbeiten an. Erst durch sie gelangten wir im Laufe der Zeit zu der Kenntnis der Gestalt der Erde in ausgedehntem Masse.

Nachdem der Verfasser im 1. Kapitel noch die Normalien der alten französischen Masse und ihre Bewahrung besprochen, giebt er dort noch eine kurze Uebersicht darüber, inwieweit sich auch die Regierung mit der einheitlichen Ordnung von Mass und Gewicht befasste. — Das zweite Kapitel ist der definitiven Einführung durch die Assemblée constituante gewidmet und bringt die wichtigsten Aktenstücke meist in authentischer Form.

Zunächst wurde auf Grund der vorhandenen Messungen ein vorläufiges Prototyp des Meters geschaffen (Kap. III) und eine Kommission mit dessen Verwertung und Aufbewahrung betraut, bis eine definitive Bestimmung erfolgt sei (Kap. VI). Die Arbeiten dieser Kommission wurden aber wegen des langsamen Fortschreitens der Triangulation unterbrochen und einstweilen durch Dekret vom 1. August 1793 das provisorische Meter als definitiv gültig angenommen. — Durch das Gesetz vom 18. Germinal des Jahres III (7. April 1795) wurden die Arbeiten wieder aufgenommen und feste Bestimmungen bezügl. des zu schaffenden Normalmeters getroffen; da diese von grosser geschichtlicher Bedeutung, möchte sich Referent gestatten, die Artikel dieses Gesetzes hier im Auszug wörtlich wiederzugeben: Il n'y aura qu'un seul étalon des poids et mesures pour toute la République: ce sera une règle de platine sur laquelle sera tracé le mètre qui a été adopté pour l'unité fondamentale de tout le système des mesures. Cet étalon sera exécuté avec la plus grand précision d'après les expériences et les observations des commissaires chargés de sa détermination .....

In Artikel 5 heisst es dann zur Erläuterung: „Mètre, la mesure de longueur égal à la dixmillionième partie de l'arc de meridien terrestre compris entre le pôle boréal et l'équateur".

Das Kap. VII beschäftigt sich mit der Nomenklatur des metrischen Systems, während die nächsten Kapitel rein geodätischen Bestimmungen gewidmet sind, die sich auf Vorschriften für die Vermessungsarbeiten beziehen. Aber auch die Festsetzung des provisorischen Meters ist darin gegeben, es soll 0,513 243 Toisen (Pérou) = 3 Fuss 11,44 Linien sein, bei einer Temperatur der Toise von 13° R. — Die Länge des Sekundenpendels wird in Kap. X und das Prototyp der Gewichte in Kap. XI behandelt.

Die Kapitel XII bis XV enthalten die Berichte über die geodätischen Messungen in Frankreich und deren Fortsetzung bis Barcelona, während die nächsten Kapitel die Aktenstücke bringen, welche sich auf die Festsetzung des „Mètre definitif" beziehen und die Anweisungen für dessen Herstellung enthalten. Im Kap. XIX ist das Gesetz vom 19. Frimaire des Jahres VIII gegeben, welches die Länge des definitiven Meters auf 3 Fuss 11,296 Linien der „Toise des Pérou" festsetzt, und dasjenige, welches die Sorge der Erhaltung der neugeschaffenen Prototype dem Observatorium zu Paris überweist. — Eine interessante Beigabe ist die Abbildung der auf dieses denkwürdige Ereignis geprägten Medaille. Auf der Vorderseite trägt sie die stolze Inschrift: „A tous les temps, à tous les peuples"; ein frommer Wunsch, der leider bis heute noch nicht ganz in Erfüllung gegangen ist.

In den ersten 6 Decennien des vergangenen Jahrhunderts ist im wesentlichen ein Fortschritt in der weiteren Verbreitung des Einheitssystems für Mass und Gewicht nicht zu verzeichnen und demgemäss beschäftigen sich auch die betr. Kapitel des Bigourdanschen Werkes nur mit der Verwaltung und dem Ausbau dieses Systems in Frankreich. Erst im Jahre 1869 tritt eine grössere Anzahl von Staaten der Einführung des metrischen Systems näher. Im Kap. XXV bringt der Verfasser die darauf bezüglichen Aktenstücke bei und berichtet über den Verlauf der Sitzung vom 8. August 1870, zu welcher die Vertreter von 24 Staaten eingeladen waren. [1]) Der grösste Teil dieser Staaten nahm das metrische System für Mass und Gewicht an und bald darauf wurde in dem heute mit erweiterten Vollmachten noch bestehenden „Bureau international des poids et mesures" eine Behörde geschaffen, welcher die Aufgabe zufällt, in allen Fragen des genauen Messens und Wägens die oberste Entscheidung zu treffen und alle diejenigen Arbeiten auszuführen, welche in irgend einer Beziehung zu metrologischen Fragen stehen. Die Arbeiten dieses Bureaus bis zum Jahre 1900 erörtert Bigourdan in den folgenden Kapiteln. Es können vorstehende Zeilen natürlich nur in kurzen Zügen den reichen

1) Wegen des inzwischen ausgebrochenen Krieges fehlten die Abgeordneten von Preussen, Bayern und Württemberg in dieser wenige Tage nach der Schlacht von Wörth stattgehabten Versammlung.

Inhalt des Werkes charakterisieren, sie mögen aber darauf hinweisen, wo man im gegebenen Falle die einschlägige Litteratur in vorzüglicher Zusammenstellung finden kann. Eine Reihe von Skizzen und besonders einige Porträts eifriger und erfolgreicher Förderer der Bestrebungen, ein einheitliches Mass (wenn auch nicht das einst erhoffte Naturmass) zu schaffen, vervollständigt die äussere Ausstattung des interessanten Werkes. L. Ambronn.

(Eingegangen 16. März 1902.)

Ch. Ed. Guillaume, La convention du mètre et le bureau international des poids et mesures. — VII u. 238 S. 4⁰. Paris, Gauthiers-Villars. 1902.

Eine höchst schätzenswerte Ergänzung des Werkes von Bigourdan (siehe vorstehende Besprechung) bildet der vorliegende starke Quartband, in welchem der Verfasser die grundlegenden Untersuchungen zwecks Schaffung der Prototype des metrischen Systems eingehend beschreibt. Tritt bei Bigourdan in erster Linie die geschichtliche Entwicklung des Einheitssystems in den Vordergrund, so führt uns Guillaume durch die Räume des „Pavillons von Breteuil", dem Heim des internationalen Bureaus zur Verwaltung des Metersystems, und zeigt mit streng wissenschaftlicher Darlegung, mit welchem Aufwand von feinster Messkunst und physikalischen Kenntnissen vorgegangen werden muss, um für alle vorkommenden Fragen die Normalien für Physik und Geodäsie zu liefern und zu sichern.

Nachdem der Verf. in einer kurzen Einleitung auf die geschichtlichen Daten Bezug genommen hat, geht er zu den durch die Konferenzen von 1867, 1870 und 72 festgesetzten Normalsystem über. Zunächst werden die Studien über die beste Form und das Material für die Längenmasse besprochen. Er zeigt, dass ein X-förmiger Querschnitt des Normalmasses der zweckmässigste ist.

In dem Kapitel III werden die Einrichtungen der Laboratorien zu Breteuil kurz beschrieben und namentlich die Vorkehrungen, die zur Schaffung von Räumen mit konstanter Temperatur getroffen wurden.

Das Kapitel IV ist der wichtigsten Frage, nämlich der der Temperaturmessung, gewidmet. In ausführlicher Weise werden die verschiedenen Methoden der Untersuchung der Thermometer besprochen und besonders eingehend deren einzelne Formen und Füllungen gegenseitig erwogen. Der Bestimmung der Fundamentalpunkte wird in Breteuil die eingehendste Sorgfalt gewidmet und es ist sehr interessant, unterstützt durch gute bildliche Darstellung, diese Arbeiten genau kennen zu lernen. — Besondere Diagramme zeigen den Verlauf der Thermometerangaben sowohl bei Anwendung verschiedener Glasarten als auch mit Bezug auf deren Füllung bezogen auf das Wasserstoffthermometer. — An die Fragen der Thermometrie schliesst sich die der Schaffung eines Normalbarometers. Es treten hierbei erhebliche Schwierigkeiten hervor, sobald es sich um die äusserste Genauigkeit handelt und nur bei ziemlich komplizierter Anordnung der den Luftdruck messenden Teile kann die wünschenswerte Präzision erlangt werden; die Abbildung des Normalbarometers des Bureaus (auf Seite 57) giebt ein lebhaftes Bild des Gesagten.

In Kapitel V beschreibt Verf. die Vorkehrungen, welche zur Massvergleichung nötig sind, wenn es sich um die Genauigkeit von Bruchteilen der Wellenlängen des Lichtes handelt. Zugleich mit der Beschreibung der verschiedenen Komparatoren (Brunner, Société génevois, Starke & Kamerer u. s. w.) werden die Vorzüge der Massstäbe mit Strichbezeichnung gegen diejenigen der sogen. Endmassstäbe erläutert. Es hatte gewisse Schwierigkeiten geboten, diejenigen der letzteren Art zu sehr genauen Vergleichungen zu benutzen; seit aber in der Anwendung der Phänomene der Interferenz ein vorzügliches Mittel auch für solche Zwecke gefunden wurde, scheint dieser Nachteil der Endmassstäbe nicht mehr zu bestehen, wie namentlich Hartmann gezeigt hat. — Auch in diesem Kapitel wird der Text durch höchst instruktive Figuren wirksamst ergänzt. Die Resultate der in diesem Kapitel beschriebenen Arbeiten bringt sodann der nächste Abschnitt. Als interessant mag daraus mitgeteilt werden, dass das an Deutschland abgegebene Meter-Etalon die folgende „Gleichung" besitzt $Et.\ No.\ 18 = 1^m - 1{,}0\,\mu + 8{,}642\,\mu \cdot t + 0{,}00\,100\,\mu \cdot t^2$, während das internationale gleich ist:

$$M = 1^m + 8{,}651\,\mu \cdot t + 0{,}00\,100\,\mu\, t^2.$$

Beide bestehen aus einer reinen Legierung von sehr nahe 9 Teilen Platin auf einen Teil Iridium.

Die auf Grund der Vergleichungen anzunehmende Sicherheit wird für das Längenmass selbst zu $+\ 0{,}04\,\mu$ und die des Koeff. der Temperatur zu etwa $+\ 0{,}1$ angegeben. Für die in Deutschland vielfach zu geodätischen Messungen benutzte Toisen von Bessel und No. 9 hat Benoit gefunden:

Toise Bessel $= 1^m.\ 949061$
Ausdehnungkoef. 0,00001 160
Toise No. 9 $=$ 1. 949067
Ausdehnungskoef. 0,00001 106

Nachdem der Verf. noch weiter auf die Konstruktion und die Vergleichung anderer Basismessapparate eingegangen ist, bringt er im folgenden Kapitel VII die besonders für die Physik wichtigen Untersuchungen betreffs der Massenbestimmung und die dazu nötigen Apparate, der Wagen in ihrer verschiedensten Gestalt. Einige der feinsten und vollkommensten Wagen werden durch Darstellungen erläutert (Ruprecht, Bunge u. s. w.) Alle diese Untersuchungen

haben die Herstellung eines Kilogrammprototyps zum Zweck und auch hier dürfte wieder die Gleichung der deutschen Kopie des Kilogr. internat. vom Interesse sein, sie lautet:

1889. No. 22 = 1^{kg} + 0,053 mg bei einer Dichte von 21,5504.

(Eine Neubestimmung im Jahre 1900 weicht davon nur um — 0,016 mg ab, was noch in die Grenze der Unsicherheit fällt).

Innig mit diesen Untersuchungen ist diejenige der Bestimmung der Ausdehnungskoeff. verschiedener Metalle und deren Legierungen, vor allem des des Wassers verknüpft. Eine Tabelle giebt die älteren, sowie auch die neueren Resultate für die Dichtigkeit des Wassers bei verschiedenen Temperaturen. Es dürfte von Interesse sein, auch hier einige dieser Reihen anzuführen:

	1805	1831	1884	1897	1900
Temp.	Hallström	Stampfer	Marek	Chappuis	Thiesen
0°	0,999900	887	864	867	868
4	1,000000	000	000	000	000
5	0,999994	989	993	992	992
10	0,999783	716	731	727	727
15	0,999270	104	132	128	126
20	0,998464	189	248	233	230
25	0,997372	009	—	073	071
30	0,995 —	—	—	675	673
35	0,994 —	—	—	062	058
40	0,992 —	—	—	247	241

Eine kurze Studie über den Brechungskoeff. der Luft beschliesst dieses Kapitel.

Ausser den namhaft gemachten notwendigen Arbeiten des Bureaus zu Breteuil, sind aber dort auch noch einige andere Untersuchungen weitgehender Bedeutung ausgeführt worden, dahin gehörte vor allem die Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels resp. des Wertes von g (gefunden zu $g = 980,991^{cm}$) und dessen Variation mit der Höhe über dem Meere. In der Art der Festsetzung des heutigen Meterprototypes liegt insofern eine prinzipielle Gefahr, als mit demselben kein Naturmass gewonnen ist, sondern doch nur eine konventionelle Einheit, deren Sicherung von der Erhaltung der in Frage kommenden Normalien abhängt. Dem schon in den ersten Vorschlägen enthaltenen Wunsch nach einem Naturmass kann nur dann Rechnung getragen werden, wenn das heutige Meterprototyp auf ein solches bezogen wird. Eine Reihe solcher Arbeiten sind schon angegeben worden und darunter auch die, welche Michelson in den letzten Jahren in Breteuil ausgeführt hat, nämlich die Vergleichung des Meters mit der Wellenlänge bestimmter Strahlen des Lichtes. Es kann hier nicht auf die Einzelheiten dieser Arbeit eingegangen werden, jedenfalls aber sind die Mitteilungen, welche Verf. darüber macht, sowohl wissenschaftlich als auch technisch von grossem Interesse. Zur Messung wurden die Kadmiumlinien verwandt und als Resultat bezogen auf den Etalon No. IX. erhielt Michelson:

Rote Linie: $1^m = 1553163,5\,\lambda$.,
Grüne „ $= 1966249,7$ „ ,
Blaue „ $= 2083372,1$ „ ,

Zwei weitere Arbeiten beziehen sich auf die Masse eines Kubikdecimeters Wasser bei 4° C., für welche gefunden wurde 0,999955 kg, und auf die Festlegung eines gesetzlichen Normals für das Ohm und die damit im engsten Zusammenhang stehende Widerstandsbestimmung des Quecksilbers. — Dem Buche hat Verf. noch einen Anhang angefügt, in dem die authentischen Bestimmungen und Resolutionen der Meterkonvention, die Publikationen des internationalen Bureaus, Notizen über die einzelnen Bestimmungen von Wellenlängen und solche über die dritte allgemeine Konferenz für Mass und Gewicht zu Paris im Oktober 1901 gegeben sind.

L. Ambronn.

(Eingegangen 16. März 1902.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Graetz, L., Compendium der Physik. Dritte verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 275 Abbildungen. gr. 8. IX u. 479 S. 1902. Wien, Franz Deuticke. M. 8.— (Kr. 9.60).

Jahrbuch der Astronomie und Geophysik von Hermann D. Klein. XII. Jahrgang. 1901. Leipzig, Eduard Heinrich Mayer. M. 7.—.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Der Privatdozent Dr. Gadamer in Marburg wurde an Stelle des in den Ruhestand tretenden Direktors der pharmazeutischen Anstalt der Universität Breslau zum ordentlichen Professor, der Gymnasialprofessor Dr. Adolf Schmidt in Gotha zum Direktor des königl. erdmagnetischen Instituts in Potsdam, der o. Professor an der bömischen technischen Hochschule in Brünn Dr. Franz Kolatschek zum o. Professor der mathematischen Physik an der böhmischen Universität in Prag und der Privatdozent Dr. Michael Radakovic zum a. o. Professor der Physik an der Universität Innsbruck ernannt.

In der philosophischen Fakultät der Universität Marburg habilitierte sich der Assistent am Physikalischen Institut Dr. F. A. Schulz mit einer Antrittsvorlesung über „unsichtbare Bewegungen kleinster Teilchen zur Erklärung physikalischer Erscheinungen", in der philosophischen Fakultät der Universität Leipzig Dr. phil. Rothmund für Chemie.

Dem Observator am Astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam Dr. Johannes Hartmann ist das Prädikat „Professor" beigelegt worden.

Der ordentliche Professor der Mathematik in Halle, Georg Cantor, zog sein Pensionierungsgesuch zurück.

Der Professor der Chemie an der Bergakademie Freiberg Geh. Rat Dr. phil. Cl. Winkler tritt Ende August in den Ruhestand.

Der seit 1894 am Observatorium in Pulkowa angestellte Astronom Alexander Kowalski ist im Alter von 44 Jahren in Petersburg gestorben.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 22. | 15. August 1902. Redaktionsschluss für No. 23 am 20. August 1902. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Antifriktionslagerung und über ein Dynamometer für kleine Kräfte.

Von J. J. Taudin Chabot.

Jeder physikalische Apparat, der als Behälter gewissermassen von kinetischer Energie bewegliche Organe zeigt, besitzt in den Lagerungen dieser Organe ebensoviele Lecks, durch welche ein Teil der cirkulierenden Energie unaufhaltsam entweicht, schliesslich ganz entweicht, wenn der „Behälter" keinen äquivalenten Zufluss hat. Zwar erscheint — um das Bild noch einen Augenblick weiter zu führen — die ganze Gefässwand permeabel, d. h. es wird „Reibungswärme" entwickelt, auch ausserhalb der Lager, nämlich im angrenzenden gasförmig oder tropfbar flüssigen Medium (das seinerseits, nach dem Archimedesschen Prinzip, ebenfalls noch als Lager wirkt), allein, der Hauptverlust geht meistens über jenen erst bezeichneten Weg durch die Lager (im engeren, gewöhnlichen Sinne) von statten. Allseitige Überlegung der Konstruktion darum verlangt, dass zunächst diese hauptsächlichsten Lecks nach Möglichkeit gedichtet, die in der Zeiteinheit zerstreuten Energiemengen möglichst gering seien; vollkommene Dichtung jedoch giebt es hier nicht, ebensowenig wie impermeable Wände, ob in der Molekularwelt, bleibe dahingestellt.

Eine sehr zweckmässige Anordnung bedeutet nun das sogenannte Antifriktionslager. Bei leichteren technisch-mechanischen Konstruktionen, wie Fahrrad, Schreibmaschine u. s. w. — vielfach in der Spezialform des Kugellagers —, schon recht verbreitet, neuerdings auch für schwerere Konstruktionen versucht und in Vorschlag gebracht[1]), bedient sich seiner der Physiker bisher in, auffallenderweise, nur seltenen, allerdings aber klassischen Fällen. Man findet es an der Atwoodschen Fallmaschine, nämlich als Rollenlager, sowie bei einem Dispositiv zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents, beide Male zur Achsenlagerung jener Scheiben, über welche die mit dem Gewicht belastete Schnur abläuft.[1]) Diese Drehachsen erstrecken sich horizontal.

Bei vertikaler Orientierung trat das Bedürfnis, der Lagerkonstruktion besondere Aufmerksamkeit zu widmen, weniger hervor, insofern hier die sich sozusagen von selbst ergebende Spitzenlagerung mit vollem Nutzen verwendet werden konnte, — ja es scheint fast als ob, wo die vertikale oder horizontale Lage der Drehachse ganz nebensächlich war, man die erste vorgezogen hat, um dann eben aus dem Grunde, eine Spitzenlagerung mit geringster Reibungshemmung zu ermöglichen. Dass aber auch diese noch nicht immer den Anforderungen genügt, beweisen die Konstruktionen von Ampère[2]), Faraday[3]), und von Krämer[4]), welche die Fusslager der vertikalen Achsen ihrer elektromagnetischen Rotationsapparate durch einen vertikalen Auftrieb in Quecksilber entlasteten[5]), nach jenem ebenso im Fluidkompass, — wo das System der Magnetnadeln in Alkohol schwimmt,

1) Stribeck, Kugellager für beliebige Belastungen. Z. d. Vereins deutscher Ingenieure **45**, 73, 118, 1901.

1) Zur Lagerung des in meiner Mitteilung über eine neue Fallmaschine (vgl. diese Z. **3**, 489, 1902) vorkommenden Systems der zwei Massenscheiben bediente ich mich zweier Kugellager (vgl. Fig. 2, l. c.).

2) Ampère, Recueil d'Observations, p. 177, Lettre à M. van Beck 1821.

3) Faraday, Experimental Researches, Vol. II, p. 127 sqq. 1821.

4) v. Krämer, Pogg. Ann. **43**, 304, 1838.

5) Ampère und Faraday verwendeten zwar das *Hg* schon als integrierenden Teil der Gesamtanordnung, indem es sowohl elektrodynamisch, wie als Übergangskontakt für den Strom wirksam war, ohne seine Qualität als lagerentlastendes Mittel zu betonen, immerhin aber gehört diese letzte Funktion zu den Momenten, welche einen Betrieb von in etwas grösseren Dimensionen gehaltenen Apparaten wesentlich erleichtern.

— verwerteten Prinzip, dessen umfangreichste Anwendung der letzten Zeit die Lagerung eines Foucaultschen Siderostats (in Verbindung mit einem festen Horizontalfernrohr) von Gautier[1]) darstellen dürfte. —

Zweierlei Antifriktionslagerung lässt sich unterscheiden: Rollen-, bezw. Kugellagerung und Lagerung nach dem Archimedesschen Prinzip.

Während zum Bau des Antifriktionslagers nach dem Archimedesschen Prinzip die Ausführung eines nach Wahl der Flüssigkeit richtig bemessenen Schwimmers, — einteilig für vertikale, zweiteilig für horizontale Achsen, — im allgemeinen genügt, verlangt das Rollenlager, in der Spezialform des Kugellagers, zu seiner Zusammenstellung die Behandlung von etwas komplizierteren Verhältnissen, welche nun hier näher erörtert sein mögen. Dieselben betreffen die Bestimmung von Material, Grösse, Anzahl und Anordnung der Kugeln, dem sich die Gestaltung der Lagerschalen, bezw. der Laufflächen für die Kugeln anschliesst. Als Material bleibt nur dort Stahl ausser Betracht, wo magnetische Einflüsse auf das Lager, oder seitens desselben, zu befürchten und gänzlich abzuschneiden sind; man wählt dann eine Bronze, vielleicht auch Glas[2]). Die weiteren Details, Grösse, Anzahl und Anordnung der Kugeln festzulegen, gelten für das Lager eines physikalischen Apparates diese Bedingungen: Gegen die Masse des zu lagernden materiellen Systems soll die Gesamtmasse der Kugeln verschwindend klein sein; — innerhalb der so gegebenen Grenze soll der Durchmesser der einzelnen Kugeln möglichst gross — der Durchmesser des Kugelkranzes möglichst klein sein. Erster und zweiter Satz gemeinsam bedingen, dass je grösser der Durchmesser δ, desto kleiner, im allgemeinen, die Anzahl n der Kugeln sein wird; die Berücksichtigung des dritten Satzes kann es unter Umständen günstig erscheinen lassen, die n-Kugeln auf mehrere Kreise zu verteilen, deren Durchmesser dann kleiner ausfallen, als der Durchmesser des einzelnen Kugelkranzes wäre, der innen

$$d = \delta \left(\frac{1}{\sin \frac{180}{n}} - 1 \right)$$

und aussen

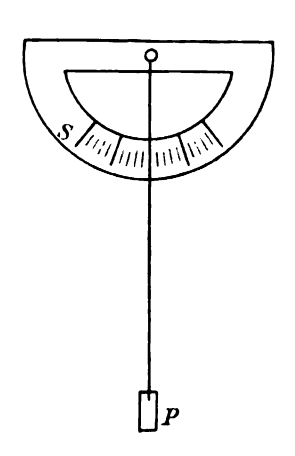
$$D = \delta \left(\frac{1}{\sin \frac{180}{n}} + 1 \right)$$

betragen muss. Was die Gestaltung der Lagerschalen betrifft, gilt im Grunde nur der eine Satz, dass möglichst ausschliesslich rollende, keine schleifende Reibung der Kugeln stattfinden soll, — eine Bedingung, der es schwer ist zu genügen, abgesehen noch davon, dass zwischen zwei in einem Lager sich berührenden Kugeln, mögen sie gleicher oder ungleicher Grösse sein, stets schleifende Reibung bestehen wird.

Lässt, infolge seiner grösseren Kompliziertheit, das Kugellager offenbar mannigfaltige Variationen der Ausführung zu, so besitzen doch jeweils nur wenige von diesen einen wirklichen Wert. Die Zweckmässigkeit der Anwendung überhaupt bei einem physikalischen Apparat soll immer vor allem erwogen werden, dann aber auch die Qualität des jeweiligen Lagers geprüft, damit, wenn man in einem bestimmten Falle das verfügbare Drehmoment kennt bezw. errechnen kann, gleichzeitig bekannt sei, ob der fertige Apparat funktionieren, d. h. in Rotation treten, wird. Hier giebt es nur einen zuverlässigen Weg: den Anlaufswiderstand des zunächst allein konstruierten Lagers bei einer Belastung gleich der in Aussicht genommenen zu messen, mit einem Instrument, das bei einer Empfindlichkeit, wie sie den in Frage kommenden kleinen Kräften entspricht, bezw. bei einem leicht zu variierenden Messbereich, hinlänglich genaue Angaben macht.

Diesen Anforderungen nunmehr genügt in sehr einfacher Weise die nachfolgend beschriebene, als Dynamometer verwendbare Anordnung:

Ein Pendel, dessen Gesamtmasse in dem an einem Kokonfaden aufgehängten Gewicht P konzentriert gedacht werden darf, ist ablenkbar an einer in Graden geteilten Skala S. Das zuvor genau — beispielsweise in horizontaler



1) Vgl. Flammarion, L'astronomie en 1900. Es kamen 60 l Hg zur Verwendung.

2) Bei Verwendung von Glaskugeln gewinnt man zugleich ein gutes Isolierlager. Es wurden mir solche Kugeln angeboten, doch habe ich sie bisher nicht bezogen, kann mithin über die Genauigkeit der Form nicht urteilen. Bei Metallkugeln differieren sowohl die Durchmesser einer selben Kugel wie die Kugeln einer selben Sorte unter sich um kleine Beträge. Damit dürfte es zusammenhängen, dass wenn ein Metallkugellager, in einen elektrischen Stromkreis eingeschaltet, rotiert, manchmal ein quietschendes Geräusch sich vernehmen lässt; der Übergang kleiner Funken würde es verursachen.

Ebene — orientierte Kugellager wird beschwert und mit einem normal zur — sodann vertikalen — Drehachse sich (radial) erstreckenden Hebelarm versehen, an welchem in der Entfernung r das Gewicht P lose anliegt. Wird nun der Aufhängepunkt des Kokonfadens darüber in horizontaler Bahn tangential fortbewegt, während das Gewicht hinter dem Hebelarm zurückbleibt, so erfährt der Aufhängefaden eine Ablenkung, welche stetig wächst, bis die Drehung der vom Kugellager getragenen Masse eintritt: einer Ablenkung α des Pendels in diesem Augenblick entspricht die zum Überwinden des Anlaufwiderstandes erforderliche Kraft

$$F = rP \sin\alpha \cos\alpha = \frac{rP}{2} \sin 2\alpha.$$

Durch Änderung des Gewichts P variiert man den Messbereich oder auch die Empfindlichkeit des Instruments.

Bei Verwendung eines Kugellagers $\delta = 7{,}95$ mm, $n = 8$ und einem Pendelgewicht $P = 20$ g fand ich auf diesem Wege für eine gelagerte Masse $M = 2750$ g bei einem Hebelarm $r = 18$ cm den Ablenkungswinkel $\alpha = 2^0$, mithin die Kraft

$$F = \left(\frac{18 \times 20}{2} \sin 2 \cdot 2\right) g = 12{,}564 \text{ g},$$

und für eine gelagerte Masse $M_1 = 9000$ g bei einem Hebelarm $r_1 = 36$ cm den Ablenkungswinkel $\alpha_1 = 3^0 30'$, sonach die Kraft

$$F_1 = \left(\frac{36 \times 20}{2} \sin 2 \cdot 3{,}5\right) g = 43{,}884 \text{ g}.$$

Wäre nun etwa ein erdmagnetischer Rotationsapparat zu konstruieren, dessen horizontal gelagerter Elektromagnet mit einem runden Kern von 60 cm Länge und 3 cm Durchmesser $M_{Fe} = 3300$ g Eisengewicht aufweisend, eine Aluminiumbewicklung $M_{Al} = 1500$ g[1]) erfordert, damit das Maximum der Magnetisierung $m = 212, \cdots M_{Fe} = 7 \cdot 10^5 \text{ cm}^{5/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sec}^{-1}$[2]) erreicht werde, so ergäbe sich, nachdem bei der Horizontalintensität $H \text{ cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sec}^{-1}$ hier ein Drehmoment $D = \left(\frac{mH}{980{,}8}\right) g = 714\, H$ g vorhanden wäre, dass, wenn man auf Grund der vorgenommenen Versuche mit Massen $M = 2750$ g und $M_1 = 9000$ g für die gegenwärtige Masse, $M_{11} = (3300 + 1500)$ g $= 4800$ g, getragen vom selben Kugellager, die höchstens benötigte Drehkraft auf $F_{r1} = 25$ g veranschlagen darf, eine Horizontalintensität $H = \frac{F_{11}}{D} = 0{,}035 \text{ cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ sec}^{-1}$ genügt, um die Drehung des normal zur erdmagnetischen Ortsebene orientierten Elektromagnets eben noch einzuleiten, dass mithin überall dort, wo die Horizontalintensität jenen Wert übersteigt, eine Rotation des in beschriebener Weise gebauten Apparats mit Sicherheit zu erwarten steht, wenn kommutierter Gleichstrom oder Wechselstrom passender Frequenz das Aluminiumsolenoid durchfliesst.

Zeigt dieses Beispiel, dass Rollenlagerung, wie sie schon die anfangs erwähnten beiden Apparate mit horizontalen Drehachsen besitzen, gleichfalls für vertikale Achsen vorteilhaft angewendet werden kann, so dürfte gegenwärtige Mitteilung vielleicht dazu beitragen, dieses Element bei der Konstruktion von physikalischen Apparaten künftighin mehr Beachtung finden zu lassen als bisher, so dass auch Apparate in grösseren Dimensionen von, unter Umständen, überzeugenderer Wirkung erstehen werden, wo sie wünschenswert erscheinen.

Degerloch (Wttbg.), 10. Juli 1902.

(Eingegangen 14. Juli 1902.)

1) Aus Arbeiten von Waltenhofens (Wied. Ann. **27**, 630, 1886, und **32**, 133. 1887) habe ich eine Formel abgeleitet, die für einen Eisencylinder, Länge l cm, Durchmesser d cm, das Gewicht des auf den Cylinder und in gleicher Länge wie dieser anzubringenden Solenoids aus rundem Aluminiumdraht angiebt, welches dem Eisencylinder das Maximum der temporären Magnetisierung mittels des elektrischen Stromes zu erteilen gestattet. Die Formel schreibt sich $P_{Al} = \frac{844\, d}{\alpha^2 \beta^2} (d\beta \sqrt{\alpha^3} + 106)$ g, wenn $\alpha = \frac{l}{d}$ und $\beta =$ Stromstärke in Ampère pro mm² Querschnitt des Aluminiumleiters. Stellt man, während, wie im vorliegenden Falle, $\alpha = \frac{60}{3} = 20$, $\beta = 1{,}5$, so resultiert $P_{Al} = d(126\, d + 100)$ g, woraus, unter Hinzurechnung eines mittleren Gewichts der Seideisolation stark 0,025 mm, das oben mitgeteilte Gewicht der Aluminiumbewicklung hervorging.

2) Der spezifische Magnetismus für Eisen (das Maximalmoment eines Grammes Substanz) beträgt höchstens 212,5.

Brennweitenbestimmung bei photographischen Systemen.

Von J. Precht.

Bei den symmetrischen Doppelobjektiven, die sich gegenwärtig einer so grossen Verbreitung erfreuen, tritt sehr häufig die Aufgabe auf, die Brennweite der Kombination und der Einzellinse mit einer Genauigkeit von etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ Proz. zu kennen. Verlangt man, dass die anzuwendende Methode bei dieser für alle praktischen Zwecke ausreichenden Genauigkeit nur solche Ansprüche stellt, die der Gebrauch des photographischen Apparats ohnehin mit sich bringt, so scheiden die am meisten üblichen Methoden von selbst aus. Abgesehen von dem sinnreichen Abbeschen Fokometer wird wohl am häufigsten die Bestimmung der Differenz der Einstellung auf Unendlich und auf Minimum des Abstandes von Objekt und Bild benutzt. Letzteres Verfahren verlangt indessen, selbst wenn man auf das auf Unendlich eingestellte Fernrohr und damit auf einen beträchtlichen Teil der erreichbaren Genauigkeit verzichten will, eine Kamera, bei der Vorderwand und

Visierrahmen durch Trieb beweglich sind. Derartige Apparate stehen meist nicht zur Verfügung, und daher empfiehlt sich das folgende Verfahren, das ausser dem gewöhnlichen photographischen Apparat im wesentlichen nur eine kurze auf Glas geteilte Millimeterskala erfordert.

Aus der bekannten Abbildungsgleichung

$$\frac{y'}{y} = \frac{x'}{f} = \frac{f}{x}, \quad \ldots \quad (1)$$

in der $\frac{y'}{y}$ die Vergrösserung v (Verhältnis der Bildgrösse zur Objektgrösse), x' den Abstand des Bildes vom bildseitigen, x den des Objekts vom objektseitigen Brennpunkt bedeutet, folgt für zwei durch x_1' und x_2' bestimmte Bildebenen die Vergrösserung

$$v_1 = \frac{x_1'}{f}; \quad v_2 = \frac{x_2'}{f}$$

oder

$$f(v_2 - v_1) = x_2' - x_1' = e.$$

Daraus ergiebt sich die Brennweite

$$f = \frac{e}{v_2 - v_1}, \quad \ldots \quad (2)$$

wobei e die Verschiebung der Mattscheibe von der einen zur anderen Einstellung bedeutet.

Hier wird also die mit dem photographischen Apparat leicht auszuführende Ermittlung des Bildortes für zwei Vergrösserungen benutzt. Die im Prinzip längst bekannte Methode[1]) hat für den oben angedeuteten Zweck den Vorteil, dass die Fehler der Vergrösserungsbestimmung nicht von grossem Einfluss auf das Resultat sind. Das allein ermöglicht die Ausführung der Methode mit einfachen Mitteln. Die aus (1) ebenso unmittelbar folgende Beziehung

$$f = E \cdot \frac{v_1 v_2}{v_1 - v_2} \quad \ldots \quad (3)$$

(E = Objektverschiebung) schliesst dagegen die Anwendung einfacher Hilfsmittel, wie schon die Formel erkennen lässt, direkt aus, während sie in der wohldurchdachten Anordnung des Fokometers den grossen Vorzug telecentrischen Strahlenganges und der Unabhängigkeit von der Auffassung eines Bildortes gewinnt.

Zur Verwirklichung des durch die Formel (2) gegebenen Verfahrens bedarf man nur einer Millimeterteilung auf Glas von etwa 10 cm Länge und einer stark vergrössernden Einstelllupe, wie sie für photographische Zwecke gebräuchlich ist. Ich benutze eine aplanatische Lupe des Steinheilschen Typus von 16facher Vergrösserung. Man stellt bei voller Öffnung des Systems das Bild des Massstabes auf der Mitte der Mattscheibe eines photographischen Apparates scharf ein, macht in gewöhnlicher Weise eine Aufnahme des Bildes (6×9 Platte genügt) und bezeichnet die zugehörige Stellung des Visierscheibenrahmens durch einen in die Gleitschiene des Laufbodens eingeritzten feinen Strich. Ebenso verfährt man bei einer zweiten Aufnahme mit anderer Vergrösserung. Der Unterschied der beiden Marken, welche die Stellungen des Visierrahmens bei den Aufnahmen bezeichnen, wird mit einem guten Massstab bis auf Zehntel-Millimeter gemessen $= e$. Die meist recht gute Teilung der käuflichen Rechenschieber ist hierfür völlig ausreichend. Die Bestimmung der Vergrösserungen v_1 und v_2 geschieht durch Auflegen des Glasmassstabes auf die Schichtseite der fertigen Negative.

Aus der Formel (2) ist ersichtlich, dass die Brennweite um so genauer erhalten wird, je grösser die Differenz der Vergrösserungen und je grösser der absolute Wert von v_2 ist, doch giebt die praktische Ausführung hier sehr schnell die Grenzen. Ist nämlich v_1 sehr klein, so macht die Ausmessung des Negativs Schwierigkeiten; ist dagegen v_2 sehr gross, so leidet die Genauigkeit der Einstellung beträchtlich, ganz abgesehen von den dann notwendigen sehr langen Kameraauszügen. Der offenbare Mangel der Methode, dass sie die genaue Festlegung des Bildortes verlangt, bleibt indessen für die angestrebte Genauigkeit praktisch ohne Belang, wenn man in die Mattscheibe, am besten etwas ausserhalb der Mitte, ein etwa 10 mm grosses Loch bohrt und über dieses aus Kokonfäden oder besser aus 0,02 mm dickem Draht auf der matten Seite der Scheibe ein Fadenkreuz spannt. Ein solches Loch ist bei der genauen Einstellung sehr feiner oder wenig beleuchteter Objekte ohnehin notwendig. Man stellt die 16fach vergrössernde Lupe auf das Fadenkreuz ein und verschiebt die Mattscheibe, bis gleichzeitig das Bild vollkommen scharf erscheint, was an der Abwesenheit von Parallaxe noch genauer zu erkennen ist.

Da es sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle um die Bestimmung von Brennweiten zwischen 9 und 35 cm handelt, sind die noch verbleibenden Einstellungsdifferenzen zu vernachlässigen, wenn man die Vorsicht gebraucht, v_2 nicht grösser als etwa 1,5 zu wählen. Andererseits soll v_1, um die Sicherheit der Vergrösserungsbestimmung nicht zu beeinträchtigen, etwa zwischen $^1/_4$ und $^1/_2$ liegen.

Werden diese Bedingungen festgehalten, so übertrifft die Methode für photographische Systeme an Einfachheit und Bequemlichkeit alle anderen, vorausgesetzt, dass man sich mit der angegebenen, für die meisten Zwecke ausreichenden Genauigkeit begnügen will. Natürlich wachsen die Fehler mit der Grösse der Brennweite, besonders wegen der Schwierigkeit der

1) Winkelmanns Handbuch d. Phys. **2**, (1) 289, 1899.

Einstellung des Bildortes für v_2. Für $f = 27$ cm betrug die grösste Abweichung 0,4 Proz., so dass eine Sicherheit von $^1/_2$ Proz. gewährleistet ist. Bei kleinen Brennweiten, bis 15 cm etwa, ist ohne Schwierigkeit $^1/_5$ Proz. zu erreichen.

Zur Erläuterung gebe ich ein Zahlenbeispiel:

1. Collinear II, Nr. 3, $\frac{f}{6{,}3}$; angebliche Brennweite 15 cm.

Erste Aufnahme:

21	Bildmillimeter	= 10 mm
42	„	= 20 „
63	„	= 30 „

daraus $v_1 = 0{,}476$.

Zweite Aufnahme:

12,9	Bildmillimeter	= 20 mm
19,3	„	= 30 „
20,0	„	= 31 „
31,0	„	= 48 „

daraus $v_2 = 1{,}551$
1,555
1,550
1,550

Mittel $v_2 = 1{,}5515$.

Verschiebung der Mattscheibe
$e = 163{,}4$ mm.

$$\text{Daraus } f = \frac{163{,}4}{1{,}0755} = 151{,}9 \text{ mm.}$$

2. Collinear II, Nr. 3, Hinterlinse.

Erste Aufnahme:

32,2 Bildmillimeter = 10 mm und 3 analoge Werte.
Daraus $v_1 = 0{,}311$.

Zweite Aufnahme:

			v_2
10	Bildmillimeter	= 12,3 mm	1,230
15	„	= 18,4 „	1,227
20	„	= 24,6 „	1,230
30	„	= 36,8 „	1,227
40	„	= 49,1 „	1,228

Mittel $v_2 = 1{,}228$.

Verschiebung der Mattscheibe
$e = 244{,}65$ mm.

$$\text{Daraus } F = \frac{244{,}65}{0{,}917} = 266{,}8 \text{ mm.}$$

Hannover, physikal. Institut der Techn. Hochschule, 20. Juli 1902.

(Eingegangen 21. Juli 1902.)

Sehr durchdringende Strahlen von radioaktiven Substanzen.

Von E. Rutherford.

Die permanent radioaktiven Substanzen, Uran, Thor und Radium senden zwei Arten von Strahlen aus, von denen die eine leicht absorbiert und vom Magnetfelde nicht abgelenkt wird, während die andere Art alle Körper viel leichter durchdringt und vom Magnetfeld abgelenkt wird.

Villard[1]) lenkte zuerst die Aufmerksamkeit auf vom Radium ausgesandte Strahlen, welche trotz ihres grossen Durchdringungsvermögens vom Magnetfelde nicht abgelenkt wurden. Dies Ergebnis wurde von Becquerel[2]) bestätigt.

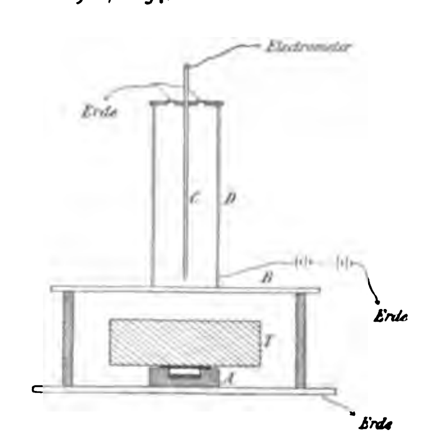
Ich habe kürzlich alle radioaktiven Substanzen hierauf hin nach der elektrischen Methode untersucht und habe hierbei gefunden, dass Thor und ebenso die durch Thor und Radium erregte Radioaktivität Strahlen von demselben Durchdringungsvermögen wie Radium aussenden. Uran sendet im Vergleich zu Thor und Radium nur wenig von dieser durchdringenden Strahlung aus.

Die Strahlen besitzen ein ausserordentlich grosses Durchdringungsvermögen und gehen ebenso leicht durch dicke Körper hindurch, wie die von einer „harten" Röntgenröhre ausgesandten X-Strahlen.

Der Ionisationsgrad, welchen diese Strahlen hervorrufen, beträgt nur ein Bruchteil desjenigen, welchen die beiden anderen Strahlenarten erregen. Ein Versuch ergab, dass die durch diese durchdringenden Strahlen hervorgerufene Ionisation sich verhält wie 1 zu 100 der Ionisation, welche durch die ablenkbaren Strahlen erregt wird, und wie 1 zu 10000 derjenigen, welche durch die leicht absorbierbaren Strahlen hervorgerufen wird.

Um die Absorption durch verschiedene Substanzen zu prüfen, wurde der Apparat Fig. 1 benutzt.

1) C. R. 1900, 1110 und 1178.
2) C. R. 1900, 1154.



Der cylindrische Prüfungsapparat *D* ruht auf einer grösseren isolierten kupfernen Platte *B* von 2 mm Dicke. Die radioaktive Substanz wurde in das Bleigefäss *A* gebracht und verschieden dicke Körper *T* wurden zwischen der radioaktiven Substanz und dem Prüfungsapparat *D* befestigt. Die Entfernung zwischen der radioaktiven Substanz und der Platte *B* betrug gewöhnlich ungefähr 10 mm.

Die Platte *B* wurde mit dem einen Pol einer Batterie von 100 Volt verbunden; die mittlere Elektrode *C*, welche mit einem Schutzring versehen war, führte zu dem einen Paar Quadranten eines empfindlichen Dolezalek-Elektrometers.

Bei den Versuchen mit Radium wurden ungefähr 0,7 gr Radium[1]), dessen Aktivität ungefähr 1000 mal grösser war, als die des Urans, in ein Loch des Gefässes *A* gebracht. Das Loch war ungefähr 1 cm tief und der Durchmesser betrug 2,5 cm. Ein dickes Aluminiumblatt wurde auf der Öffnung befestigt, um keine Emanation entweichen zu lassen. Als sich eine Platte von 1 cm Dicke auf der aktiven Substanz befand, gab das Elektrometer einen Ausschlag von 200 Teilstriche der Elektrometerskala in 20 Sekunden.

Die folgende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Dicke des Bleies. Die Bleiplatten waren viel grösser als der Durchschnitt des Prüfungsapparats *D*, so dass die beobachteten Ströme nur von Strahlen herrühren konnten, welche durch das Blei hindurchgedrungen waren.

Tabelle I.

Dicke des Bleies	Strom
0,72 cm	1
0,72 + 0,62 cm	0,60
0,72 + 1,24 „	0,37
0,72 + 1,86 „	0,25
0,72 + 2,50 „	0,16

Der mit der 0,72 cm dicken Bleiplatte erhaltene Strom ist als Einheit genommen.

Die Stromstärke fällt, wie aus der Tabelle hervorgeht, mit zunehmender Dicke der Platte ungefähr nach einer geometrischen Reihe.

Die folgende Tabelle giebt darüber Auskunft, wie dicke Schichten der verschiedenen Metalle durchdrungen werden müssen, bevor die Intensität auf die Hälfte fällt.

Tabelle II.

Metall	Dicke in cm
Quecksilber	0,75 cm
Blei	0,9 „
Zinn	1,8 „
Kupfer	2,2 „
Zink	2,5 „
Eisen	2,5 „

1) Erhalten von der Société centrale de produits chimiques Paris, 1 gr Radium von P. de Haen, Hannover, gab ungefähr den gleichen Betrag an Strahlung.

Auf Grund dieser Zahlen berechnet sich, dass die Strahlen durch ca. 7 cm dicke Bleiplatten und ca. 19 cm dicke Eisenplatten hindurchgehen müssen, bevor die Intensität auf 1% des ursprünglichen Wertes fällt.

Thorstrahlen.

1 kg reines Thornitrat, von Dr. Knöffler, Berlin, wurde in ein geschlossenes Glasgefäss von 20 cm Durchmesser gebracht. Der Prüfungsapparat war in diesem Falle ein kupfernes Gefäss von 25 mm Durchmesser und 50 cm Höhe. Dies eine Kilogramm gab von den stark durchdringenden Strahlen nur ungefähr 1/4 soviel als 0,7 gr Radium von der Aktivität 1000.

Diese Thorstrahlen besassen ungefähr dieselbe durchdringende Kraft, wie die von Radium und glichen ihnen in jeder Hinsicht. Nach dem Durchgang durch 5 cm Eisen war die Intensität auf ungefähr 1/4 gesunken.

Versuche wurden jetzt angestellt, um zu sehen, ob die durch Thor und Radium erregte Radioaktivität, neben ablenkbaren und nicht ablenkbaren Strahlen, auch diese durchdringende Strahlen aussenden.

Um Messungen anstellen zu können, musste eine Substanz intensiv erregt werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Zinkplatte als Kathode in einem geschlossenen Gefäss der Strahlung von 300 gr Thor ausgesetzt. Ein Bleirohr wurde auch sehr stark aktiviert dadurch, dass es während 6 Stunden in einem Gefäss mit Radiumemanation in Berührung blieb. Die letztere wurde durch Hindurchpressen von Luft durch eine Radiumchloridlösung erhalten.

Die so erregten aktiven Substanzen sandten Strahlen von ausserordentlich grossem Durchdringungsvermögen aus, deren Intensität mit der Zeit abnahm, und zwar schnell für die durch Radium und langsam für die durch Thor erregte Radioaktivität. Diese Abnahme geht wahrscheinlich Hand in Hand mit dem Schwächerwerden der beiden anderen Strahlenarten.

Die Versuche mit Uran waren nicht so bindend, da ich nur 100 gr Uranoxyd besass. Mit dieser Menge wurde keine nennenswerte Zunahme der Stromstärke im Prüfungsapparat erhalten. Wir müssen hieraus schliessen, dass Uran, wenn es überhaupt solche Strahlen von grossem Durchdringungsvermögen aussendet, jedenfalls dies in viel geringerem Masse thut, als die gleiche Menge Thor.

Da diese Strahlen in Thor, Radium und in der durch diese beiden Körper erregten Radioaktivität enthalten sind, so rühren sie wahrscheinlich in Thor und Radium von der erregten Radioaktivität her, welche in der Substanz durch ihre eigenen Strahlen hervorgerufen sind. Nach dieser Ansicht ist der Betrag einer radioaktiven

Substanz an diesen Strahlen eine Funktion des Teiles der radioaktiven Materie, welche erregte Radioaktivität hervorruft.

Beziehung zwischen Absorption und Dichte.

Es wurden noch einige Versuche angestellt, um die Beziehung zwischen Absorption und Dichte zu ermitteln. Der Absorptionskoeffizient wurde nach der Gleichung

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\lambda x}$$

bestimmt, indem das Verhältnis der Intensitäten der Strahlen vor und nach dem Durchgang durch x cm dicke Platten gemessen wurde.

Wegen der geringen Absorption in Glas und Wasser war es schwierig, λ in diesen Substanzen mit Sicherheit zu bestimmen.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate.

Tabelle III.

Substanz	Strahlen von grossem Durchdringungsverm. λ	$\frac{\lambda}{\text{Dichte}}$	Ablenkbare Strahlen von Uran λ	$\frac{\lambda}{\text{Dichte}}$
Wasser . . .	0,033	0,033	—	—
Glas	0,086	0,035	14.0	5,7
Eisen . . .	0,28	0,036	44	5,6
Zink . . .	0,28	0,039	—	—
Kupfer . . .	0,31	0,035	60	7,7
Zinn	0,38	0,052	96	13,2
Blei	0,77	0,068	122	10,8
Quecksilber .	0,92	0,068	—	—

Zum Vergleich sind rechts für die von Uran ausgesandten ablenkbaren Strahlen die entsprechenden Zahlen mitgeteilt. Wie aus der Tabelle hervorgeht, ist in keinem der beiden Fälle das Verhältnis aus Absorption und Dichte eine Konstante, doch sind die Abweichungen nicht grösser bei den Strahlen von grossem Durchdringungsvermögen als bei den ablenkbaren Uranstrahlen. Der Wert von λ dividiert durch die Dichte ist für die beiden Strahlenarten zweimal so gross für Blei als für Glas und Eisen.

Aus der Tabelle lässt sich ferner entnehmen, dass die Strahlen von grossem Durchdringungsvermögen ungefähr 160 mal dickere Glasschichten durchdringen müssen als die ablenkbaren Uranstrahlen, damit beide in gleichem Masse geschwächt werden.

Vergleich der Strahlen von grossem Durchdringungsvermögen mit Röntgen- und Kathodenstrahlen.

Man kann die Frage aufwerfen, ob die Strahlen von grossem Durchdringungsvermögen nicht aus fortgeschleuderten Teilchen bestehen, wie die Kathoden- und eine Art von Röntgenstrahlen. Die Thatsache, dass die ersteren von einem Magnetfelde nicht abgelenkt werden, scheint gegen die Annahme zu sprechen, dass sie Kathodenstrahlen sind. Ich habe die Versuche von Villard wiederholt und habe ebenfalls keine Spur einer Ablenkung der Strahlen, welche eine 0,6 cm dicke Bleiplatte durchdrungen hatten, selbst im starken Magnetfelde gefunden. Es wurde die photographische Methode benutzt und vier Tage exponiert.

In anderer Hinsicht gleichen die Strahlen aber mehr den Kathoden- als den Röntgenstrahlen. Bekanntlich rufen die letzteren in manchen Gasen, wie Schwefelwasserstoff und Chlorwasserstoff, eine viel grössere Ionisation hervor, als in Luft, trotzdem die Dichten nicht sehr voneinander verschieden sind. Beispielsweise wies J. J. Thomson[1]) nach, dass die Ionisation in Schwefelwasserstoff 6 mal und in Chlorwasserstoff 8,9 mal so gross ist als in Luft. Andrerseits ist die durch Kathodenstrahlen in diesen beiden Gasen hervorgerufene Leitfähigkeit nur wenig grösser als in Luft.

Das Prüfungsgefäss D wurde mit Schwefelwasserstoff gefüllt. Es ergab sich, dass die durch Strahlen von grossem Durchdringungsvermögen hervorgerufene Ionisation nur wenig grösser war, als in Luft.

Sowohl dieser Versuch, als auch die bei der Absorption erhaltenen Resultate zeigen, dass diese neuen Strahlen mehr den Kathoden- als den Röntgenstrahlen ähneln.

Es muss jedoch daran erinnert werden, dass die Beobachtungen über die relative Leitfähigkeit der Gase und relative Absorption der Metalle nur für Strahlen angestellt worden sind, welche ein weit geringeres Durchdringungsvermögen besitzen, als die Radium- oder Thorstrahlen. Benoist[2]) hat nachgewiesen, dass die relative Absorption der Röntgenstrahlen durch verschiedene Körper in sehr hohem Masse von der Art der Strahlen abhängt. „Harte" Strahlen geben ganz andere Resultate als „weiche" Strahlen. Die Absorptionsfähigkeit von Röntgenstrahlen von grossem Durchdringungsvermögen ist bei gegebener Menge der verschiedenen Elemente eine kontinuierliche und zunehmende Funktion der Atomgewichte. Nach der in der erwähnten Abhandlung gegebenen Absorptionskurve ändern sich die Absorptionen mit der Dichte in viel stärkerem Masse für Röntgenstrahlen als für die von radioaktiven Substanzen ausgesandten durchdringenden Strahlen.

Nach der von J. J. Thomson[3]) und Heavi-

1) Proc. Cambridge, Phil. Soc. **10**, 12.
2) C. R. 545, 1901.
3) Recents Researches, p. 16.

side[1]) entwickelten elektromagnetischen Theorie nimmt die scheinbare Masse eines Elektrons mit der Geschwindigkeit zu; ist seine Geschwindigkeit gleich der Lichtgeschwindigkeit, so ist seine scheinbare Masse unendlich. Ein mit Lichtgeschwindigkeit sich bewegendes Elektron würde durch ein Magnetfeld nicht beeinflusst werden.

Es ist nun nicht unwahrscheinlich, dass einige der von Thor und Radium ausgesandten Elektronen sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, denn nach den Versuchen von Kauffmann[2]) ist die Geschwindigkeit der ablenkbaren Radiumstrahlen von grossem Durchdringungsvermögen ungefähr 95% der Lichtgeschwindigkeit. Das Durchdringungsvermögen der Kathodenstrahlen oder der fortgeschleuderten Elektronen nimmt mit der Geschwindigkeit schnell zu, ein Ergebnis, das aus der Theorie unmittelbar folgt.

Die grosse Ähnlichkeit der in dieser Abhandlung untersuchten Strahlen von grossem Durchdringungsvermögen mit dem Verhalten von Elektronen von grosser Geschwindigkeit lässt sich auf Grund der Annahme erklären, dass die ersteren aus Elektronen bestehen, deren Geschwindigkeit nahezu der des Lichtes gleich ist.

1) Electromagnetic theory, **3**, 501.
2) Gött. Nachr. **2**, 1901.

Mc Gill University Montreal, 24. Juni 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von G. C. Schmidt.)

(Eingegangen 9. Juli 1902.)

Elektrizitätserzeugung in Pflanzen.

Von Ch. Ries.

Waller[7]) breitete ein Pflanzenblatt auf einer Glasplatte aus, verband es an den Enden durch Zinkelektroden mit einem elektrischen Messapparat und belichtete die eine Hälfte des Blattes, während die andere mit schwarzem Papier bedeckt war. Es entstand ein elektrischer Strom und zwar war die belichtete Seite elektropositiv, d. h. es floss ein photoelektrischer Strom von der belichteten Elektrode durch das Blatt zur beschatteten. Nach Waller sind die Wärmestrahlen und die chemischen Strahlen nicht geeignet, die elektrische Erregung des Blattes zu bewirken; die leuchtenden roten Strahlen erweisen sich am geeignetsten, besonders diejenigen, welche vom Chlorophyll absorbiert werden. Waller behauptet, dass die hervorgebrachte E. M. K. eine direkte Wirkung des Lichtes auf das Blatt sei. Bei der genauen Prüfung der Versuche fand ich indes, dass die Wallerschen Resultate zwar unter den angegebenen Versuchsbedingungen richtig sind, aber keine allgemeine Gültigkeit haben; die Wirkung kann vielmehr unter anderen Versuchsbedingungen gerade entgegengesetzt sein. Auch die Ursache der Wirkung ist eine andere. Aus meinen Versuchen ergiebt sich deutlich, dass die bei Belichtung entstehenden Ströme photochemische Ströme sind, wie sie z. B. Becquerel, Hankel, Schmidt, Luggin in elektrischen Zellen beobachteten. Das Pflanzenblatt mit den beiden Elektroden stellt ein kleines Element dar, in welchem die Flüssigkeit durch das saftige Blatt ersetzt ist. Aus den nachfolgenden Resultaten wird die photochemische Eigenschaft der auftretenden Ströme genügend erhellen.

Zu den Versuchen wurde teils ein Deprez-d'Arsonval-Galvanometer der Firma Siemens & Halske, das eine Empfindlichkeit von $8{,}5 \cdot 10^{-10}$ A. bei 1 m Skalenabstand hatte, teils ein empfindliches Kapillarelektrometer verwendet. Die Wirkung der Wärmestrahlen wurde durch Dazwischenschaltung einer Alaunlösung oder durch Einschliessen des Blattes in ein Kühlgefäss möglichst ausgeschlossen.

Meine hauptsächlichsten Resultate lauten:

1. Die Wirkung ist von der Farbe der Pflanzen im allgemeinen nicht abhängig; grüne und andersfarbige Blätter zeigen die gleichen Eigenschaften.

2. Während bei Verwendung von Zinkelektroden die belichtete Seite (wie bei Waller) elektropositiv wurde, zeigte sich dieselbe bei Verwendung von Kupfer- und Silberelektroden stets elektronegativ. Bei Verwendung von Messing und Zinnelektroden ergab sich im allgemeinen ein positiver Ausschlag; in einigen Fällen konnte man aber erst einen momentanen negativen Ausschlag beobachten, der sich aber alsbald in den positiven umkehrte. Die Wirkung hängt also von der Natur der Elektroden ab, d. h. sie ist photochemischer Natur.

3. Der Verlauf der Ströme nach der Abdunkelung erinnert ganz an die von Hankel[2]), G. C. Schmidt[5]), Luggin[4]) an photochemischen Strömen beobachteten Erscheinungen.

4. Bei Verwendung von blanken resp. gut gereinigten Elektroden konnte entweder keine oder nur eine geringe Wirkung beobachtet werden, was mit den photochemischen Versuchen von Becquerel[1]), Pellat[3]), G. C. Schmidt[5]) und Allegretti[6]) genau übereinstimmt.

5. Belichtet man die eine Hälfte des Blattes, während die Elektroden selbst bedeckt sind, so zeigt sich kein photoelektrischer Strom.

1) Becquerel, Compt. rend. **9**, 145 u. 561, 1839; Ann. d. Physik **130**, 18 u. 35, 1841; **131**, 588, 1842; Annales de chimie et de phys. **9**, 268, 1843; **32**, 176, 1851.
2) Hankel, Ann. d. Phys. **237**, 402, 1877.
3) Pellat, Compt. rend. **89**, 227, 1879.
4) Luggin, Zeitschr. f. physikal. Chemie **23**, 577, 1897.
5) Schmidt, Ann. d. Physik **303**, 563, 1899.
6) Allegretti, Diese Zeitschr. **2**, 317, 1901.

6. Der positive photoelektrische Ausschlag wird speziell von den roten Strahlen, der negative Zustand dagegen speziell von den blauen Strahlen hervorgerufen, was ebenfalls mit den photochemischen Versuchen von Hankel[2]), Schmidt[5]), Luggin[4]) übereinstimmt.

7. Bringt man die Elektroden in den aus Pflanzen ausgepressten Saft, so lassen sich im allgemeinen dieselben photochemischen Vorgänge beobachten.

8. Die hauptsächlichste Wirkung im Pflanzensaft ist den darin enthaltenen Kalium- und Natriumverbindungen sowie den Kalksalzen zuzuschreiben. Da allgemein Farbstoffe den photochemischen Vorgang begünstigen, so kann Chlorophyll entschieden auch zur Verstärkung des Photostromes beitragen.

7) Waller, Compt. rend. de la soc. de biol. 52, 342, und 1903, 1900; Naturw. Rundschau 15, 375, 1900, sowie 16, 144, 1901.

(Eingegangen 8. Juli 1902.)

Beobachtungen über Elektrizitätszerstreuung in verschiedenen Bergeshöhen.

Von W. Caspari.

Im Sommer vorigen Jahres nahm ich an einer Expedition teil, welche unter Leitung von Herrn Professor Zuntz in verschiedenen Höhenregionen der Alpen physiologische Untersuchungen über die Einwirkung des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus angestellt hat. Bei dieser Gelegenheit wurden auch Beobachtungen über die Elektrizitätszerstreuung in der Luft nach Elster und Geitel ausgeführt. Der Grund, diese Beobachtungen vorzunehmen, war ein zwiefacher. Erstens haben Aschkinass und ich[1]) zuerst darauf hingewiesen, dass in der mit der Erhebung über den Meeresspiegel wachsenden Ionisation der Luft ein Faktor gegeben ist, welcher bei der Einwirkung des Höhenklimas eventuell mit ins Gewicht fällt. Zweitens aber durften wir auf jeden Fall hoffen, für den Physiker einiges nicht wertlose Material zur Beurteilung der einschlägigen Fragen zu liefern, zumal wir Höhen aufzusuchen beabsichtigten, in welchen damals Beobachtungen nur vom Luftballon aus angestellt waren.

Unsere Standquartiere waren Brienz (560 m), der Gipfel des Brienzer Rothorn (2300 m), das Gasthaus auf dem Col d'Olen am Südabhange des Monte Rosa (2800 m) und die Capanna Regina Margherita auf der Punta Gnifetti des Monte Rosa (4560 m). An diesen Orten und ausserdem an einigen Stellen, welche wir unterwegs passierten, wurden Beobachtungen über die Elektrizitätszerstreuung der Luft angestellt.

1) Aschkinass und Caspari, Pflügers Arch. f. d. gesamte Physiol. 86, 1901, 605. Vgl. diese Zeitschr. 3, 272, 1902.

Wir führten zwei komplette Apparate nach Elster und Geitel mit uns, welche von der Firma Günther & Tegetmeyer, Braunschweig, hergestellt waren. Diese Apparate wurden im physikalischen Institut der hiesigen Technischen Hochschule unter freundlicher Anleitung von Herrn Aschkinass geeicht. Ich möchte nicht verabsäumen, diesem Herrn, dem wir die mannigfachsten Anregungen verdanken, auch an dieser Stelle unseren herzlichsten Dank abzustatten. Die Expeditionsmitglieder teilten sich im allgemeinen in zwei Gruppen, welche ihren Aufenthalt in verschiedenen Höhen nahmen. Beide Gruppen führten je einen Apparat zur Messung der Zerstreuung mit sich. Während ich also die Beobachtungen an meinem jeweiligen Standorte ausführte, waren andere Teilnehmer der Expedition an anderen Orten mit gleichen Untersuchungen beschäftigt. Die Absicht war, gleichzeitig Daten aus verschiedenen Höhen zu gewinnen und diese dann untereinander zu vergleichen. Leider ist dies nicht gelungen, da das Heft, welches das von den Herren Professor Löwy, Dr. Müller und Kolmer auf dem Brienzer Rothorn gesammelte Material enthielt, auf dem Transport nach Berlin verloren gegangen ist. Andererseits lassen sich die Werte, welche ich auf dem Gipfel des Monte Rosa feststellte, mit denen, welche Herr Müller gleichzeitig auf dem Col d'Olen fand, nicht vergleichen, da ich durch die Ungunst der Verhältnisse genötigt war, die Beobachtungen im Zimmer vorzunehmen. Ich gebe nunmehr in Kürze die Daten, über welche ich verfüge: E ist der von den Herren Elster und Geitel eingeführte Wert.[1]) a und q entsprechen den gleichnamigen Werten von Ebert.[2]) Es wurde stets mit aufgesetztem Schutzcylinder gearbeitet und der Apparat zur Erde abgeleitet. n wurde für unsere Apparate zu 0,3 bez. 0,4 ermittelt. Die Isolation beider Instrumente war eine vorzügliche. Niemals betrug die Entladung ohne Zerstreuungskörper mehr als 0,2—0,3 Skalenteile in 15 Minuten.

Wo nichts Besonderes bemerkt ist, wurde die Beobachtungsdauer von 15 Minuten gewählt.

1) Elster und Geitel, Diese Zeitschr. 1, 11, 1899. Terrestrial magnetism and atmosphaeric electricity. 4. Dez. 1899, S. 213.

$$E = \frac{1}{t} \, {}^{10}\!\log \frac{V_0}{V} - \frac{n}{t'} \, {}^{10}\!\log \frac{V_0'}{V'}.$$

t ist die zwischen der ersten (V_0) und der letzten (V) Ablesung liegende Versuchszeit, wobei die Beobachtungsdauer von 15 Minuten als Einheit genommen ist. V_0', V', t' sind die entsprechenden Werte für die Kontrolluntersuchung ohne Zerstreuungskörper, n das Verhältnis der Kapazitäten des Elektroskops allein zu der Summe der Kapazitäten von Elektroskop und Zerstreuungskörper. Die resultierenden Werte sind mit 100 multipliziert.

2) Ebert, Messungen der elektrischen Zerstreuung im Freiballon. Berichte der Akademie der Wissenschaften zu München. 1901, S. 519,

$$a = \frac{E}{15 \cdot 0{,}4343\,(1-n)} \qquad q = \frac{a-}{a+}.$$

Brienz.

Datum	Zeit*)	$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q	Bemerkungen
5. VIII. 1901	+ 5h 10 p. — 5h 35	4,27	2,18	0,94	0,48	0,51	Dunstig. Bedeckter Himmel. Schwül. Beobachtung im Garten unter Bäumen, dicht am See.
7. VIII. 1901	+ 1h 24 p. m. — 1h 51	0,59	0,94	0,15	0,24	1,58	Beobachtung im luftigen Zimmer ca. 1½ m vom geöffneten Fenster. Im Freien sehr bewölkt; hat stark geregnet. Fernsicht, wo frei, auffallend klar. Scharfe Form der nichtbedeckten Berge. (Föhnwirkung?)
"	+ 1h 43 — 1h 51	6,31	4,80	1,38	1,05	0,76	Gleichzeitig mit der Beobachtung im Zimmer, im Garten unter Bäumen.
8. VIII. 1901	+ 1h 40 p. — 2h	5,66	4,67	1,45	1,20	0,83	Klares, helles Sonnenwetter. Sehr warm. Beobachtung im Garten.
9. VIII. 1901	— 6h 40 p. + 7h 53	2,37	4,79	0,61	1,22	2,02	Klarer, schöner Abend. Etwas Dunst in der Ferne nach heissem Tage. Beobachtung auf freier Mole, ca. 25 m in den See hineingebaut.
10. VIII. 1901	—12h 40 p. + 1h 20	2,58	5,99	0,66	1,53	2,32	Beobachtung auf der Mole in praller Sonne. Im Osten ziemlich klar. Blick auf die Gletscher frei. Im Süden und Norden Regenwolken. Im Westen dunstig.
"	— 2h p + 2h 20	3,37	5,96	0,86	1,52	1,77	Beobachtung im schattigen Garten.
"	+ 5h 25 p. — 6h 50	3,46	2,77	0,88	0,71	0,80	Beobachtung im Zimmer während plötzlich ausgebrochenen Gewitters ca. 1 m vom Fenster entfernt.
11. VIII. 1901	+ 5h 40 p. — 6h 5	8,63	10,28	2,21	2,63	1,19	Um 3h nachm. hatte ein furchtbares Gewitter mit kolossalem Sturm und Wellenschlag begonnen. Beobachtung sogleich nach Aufhören des Unwetters in abgeschlossener Laube bei geringem Regen.
12. VIII. 1901	+10h 20 a. —10h 50	6,50	7,58	1,66	1,94	1,17	Völlig bewölkt. Windstill.
13. VIII. 1901	+ 1h 15 p. — 1h 35	2,98	13,51	0,76	3,46	4,54	Himmel rings mit tiefliegenden Wolken bedeckt. Wolkenschicht jedoch von geringer Dicke, so dass die Sonne hindurchscheint. Bei Beobachtung von $E-$ setzt plötzlich lebhafter Südost ein. Vorher fast windstill.
14. VIII. 1901	+ 6h 20 p. — 6h 45	2,57	2,06	0,49	0,40	0,80	Schöner Abend. Himmel im Zenith klar. An den Bergen noch Wolken. Versuch im Garten.
15. VIII. 1901	+ 5h 50 p. — 6h 15	3,61	2,47	0,77	0,63	0,82	Rings hochziehende Wolken. $E+$ im Garten. $E-$ in der Laube bei leichtem Regen. Kurz vorher plötzlicher Sturm.
16. VIII. 1901	+ 6h 35 p. — 6h 35	2,42	1,33	0,62	0,34	0,55	Kalter, rauher Nachmittag. Es hat fast den ganzen Tag geregnet. Auch während des Versuches leichter Regenfall. Daher Versuch in der Laube. Auf den Höhen bis ca. 2000 m abwärts überall Neuschnee. Ganzer Himmel bedeckt. An den Bergen Nebel bis tief hinab. Fast windstill.
17. VIII. 1901	+ 6h 50 p. — 6h 10	2,51	2,50	0,64	0,64	1,0	Himmel klar mit vereinzelten Wolken an den Bergen. Im Osten und Westen dunstig. Beobachtung im Garten.
18. VIII. 1901	+ 6h 20 p. — 6h 51	3,44	5,34	0,88	1,36	1,55	Sonniger Nachmittag. Beobachtung im Boot, Apparat zum Wasser abgeleitet, ca. 200 m vom Ufer entfernt.
19. VIII. 1901	+ 7h 10 p. — 7h 40	4,73	5,32	1,21	1,36	1,12	Beobachtung im Garten. Abend nach schönem, sonnigem Tage. Im Osten und Westen dunstig; sonst klar.
20. VIII. 1901	abends (genauere Zeitangabe fehlt)	9,51	6,92	2,44	1,77	0,73	Klarer Abend.
22. VIII. 1901	— 2h 15 p. + 2h 35	7,54	6,98	1,93	1,79	0,93	Schönes, klares Wetter. Starker Wind.
26. VIII. 1901	+ 2h 45 p. — 3h 5	7,26	3,66	1,86	1,28	0,69	Kühl, bewölkt; später Regen.
27. VIII. 1902	+12h 50 p. — 1h 10	6,34	4,65	1,62	1,19	0,73	Schnellziehende Wolken. Windig.

*) Die Vorzeichen bedeuten den Beginn der Beobachtung für die Zerstreuung der gleichnamigen Elektrizität.

Im Mittel sämtlicher Zahlen ist

$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q
4,60	4,99	1,14	1,27	1,26.

Wenn ich die im Zimmer gewonnenen Werte weglasse, ergiebt sich für

$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q
4,87	5,31	1,21	1,36	1,26.

Wenn wir die abnormen Daten für den 11. und 13. bei der Mittelung ausschalten, so erhalten wir für

$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q
4,76,	4,54	1,18	1,16	1,08.

Im grossen und ganzen entsprechen diese Werte etwa den von Czermak[1]) für die gleiche Höhe in Innsbruck festgestellten Grössen. Die Zahlen für $a+$ und $a-$ sind ziemlich niedrige Werte, während q bald etwas grösser, bald geringer ist als 1.

Die niedrigen Zahlen während der regnerischen Tage (16., 17./VIII.) entsprechen dem gewöhnlichen Verhalten. Bemerkenswert erscheinen im wesentlichen nur die Daten vom 11. und 13.

Der 11. zeigte starke, durch Föhn bedingte Erhöhung von $a+$ und $a-$, ohne dass der Quotient wesentlich geändert wäre.

Die ausgesprochene Unipolarität am 13. scheint nicht leicht zu erklären. Auch das Einsetzen des Abendwindes gerade während der Beobachtung des negativ geladenen Apparates ist wohl zur Erklärung nicht ausreichend.

Die gleichzeitigen Beobachtungen im Zimmer und im Freien zeigen wiederum, dass die gefundenen Werte selbst bei weiter Öffnung des Fensters nicht unwesentlich voneinander abweichen.

Rothorn, ca. 2300 m.

Datum	Zeit	$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q	Bemerkungen
24. VIII.	$+1^h$ p -1^h 35	9,72	13,68	2,13	2,99	1,40	Auf der Hotelveranda vollkommen frei. In SW. und W. Dunst. Etwas verschleierte Aussicht auf das Hochgebirge.
26. VIII.	$+10^h$ 30a -11^h 10	7,89	8,10	1,73	1,77	1,03	Beobachtung in einem ganz kleinen Kellerverschlag ca. 1 m im Geviert im Hotel Rothorn-Kulm. Draussen wegen schlechten Wetters Unmöglichkeit zu arbeiten.
27. VIII.	$+5^h$ 50p. -6^h 15	6,84	20,98	1,50	3,22	4,60	Föhnwetter, abwechselnd Schnee und auffallend klare Aussicht. Starker Wind, sehr kalt.

Der 27. war ein Tag mit typischem Föhnwetter; heftige Niederschläge, unterbrochen von klaren Perioden von auffallender Durchsichtigkeit der Luft. Die Ionisation derselben war aber an diesem Tage andersartig als die am 11. VIII. bei ähnlicher Wetterlage im Thale in Brienz. Auf dem Rothorn tritt eine starke Unipolarität hervor, während im Thale die Werte für $a+$ und $a-$ in annähernd gleichem Masse erhöht sind, wie ja auch die Föhnmessungen Czermaks beweisen. Eine Erklärung für dies verschiedene Verhalten scheint in folgendem gegeben zu sein:

Wenn das Wesen des Föhns darin zu suchen ist, dass Luft aus grösseren Höhen schnell herabtritt, so ist sehr leicht verständlich, warum sich dann im Thale eine Luft befindet, die, aus mittleren Höhenlagen stammend, nur eine absolute Erhöhung der Zerstreuungswerte zeigt, während auf Bergen, wie das Brienzer Rothorn, in solchen Fällen bereits die Unipolarität zum Ausdruck kommt, welche für die Luft der höchsten Bergregionen charakteristisch ist. Die Werte, welche am Mittag desselben Tages von Herrn Kolmer in Brienz festgestellt wurden, zeigen keine Unipolarität. Auch die absoluten Werte sind nicht ungewöhnlich hoch. Aus den Notizen, welche Professor Löwy über den Wetterlauf dieses Tages in Brienz gemacht hat, geht auch hervor, dass die Wetteränderung erst am frühen Nachmittag in Brienz eintrat.

Die am 26. bei der Untersuchung im Keller erwarteten hohen Zerstreuungswerte zeigten sich leider nicht, wohl weil ich bei den nötigen Vorbereitungen zur Beobachtung in dem überaus engen und staubigen Raum trotz aller Vorsicht ziemlich viel Staub aufgewirbelt habe. Auch musste ich die Ablesungen beim Scheine einer Küchenlampe vornehmen, welche natürlich Verbrennungsgase entwickelt und ausserdem wohl auch durch Abgabe von Russ die Beweglichkeit der Ionen gehemmt hat.

Col d'Olen, ca. 3000 m.

Datum	Zeit	$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q	Bemerkungen
6. IX.	$+10^h$ 42 a. -11^h 1	4,69	8,56	1,03	1,88	1,85	Nebel u. Sonne abwechselnd.
8. IX.	-11^h 18 a. -11^h 34	18,86	17,11	4,14	4,02	0,97	Klares, sonniges Wetter.

Die Beobachtungen auf Col d'Olen wurden von Herrn Dr. Müller ausgeführt. Sie zeigen in besonders schöner Weise den Unterschied zwischen klarem, sonnigem Wetter und Nebelbildung.

Monte Rosa, 4560 m.

Datum	Zeit	$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q	Bemerkungen
4. IX.	-8^h 55 a. $+10^h$ 45	7,34	2,19	0,94	0,28	0,3	Heftiger Schneesturm.
	-2^h 1 p.	11,95	7,67	1,53	0,98	0,64	
	$+4^h$ 53 -6^h 20		6,61		0,85	0,55	
5. IX.	-10^h 18 a. $+12^h$ 25 p.	3,54	8,34	0,45	1,07	3,26	Das Wetter bessert sich allmählich, klärt sich nachmittags zeitweise auf.
	-3^h 15 p.		4,95		0,63	1,40	
6. IX.	$+11^h$ 38 a. -1^h 20 p.	4,36	2,86	0,56	0,37	0,66	Wieder heftiger Schneesturm.
	$+4^h$ 25 p.	3,51		0,45		0,82	
7. IX.	$+9^h$ 40 a. -10^h 46	2,41	3,77	0,31	0,48	1,57	Das Wetter klärt sich auf bei heftigem Winde.
8. IX.	$+5^h$ 50 p. -6^h 30	3,03	3,87	0,39	0,49	1,28	Schöner klarer Tag mit herrlicher Aussicht.

1) Czermak, Über Elektrizitätszerstreuung bei Föhn. Diese Zeitschr. 3, 185, 1902.

Die Beobachtungen auf dem Gipfel des Monte Rosa sind leider nicht vollwertig, weil ich genötigt war, dieselben im Zimmer vorzunehmen, ebenso wie der gleichzeitig mit denselben Versuchen beschäftigte Herr Professor Sella aus Rom, welcher mich in der liebenswürdigsten Weise mit Rat und That unterstützte. Wir arbeiteten im geräumigen oberen Laboratorium der Hütte. Mein Apparat stand unmittelbar am Fenster, welches trotz der eisigen Kälte während der Versuche nach Möglichkeit stets offen gehalten wurde. Dennoch sind die gefundenen Zahlen so niedrig, dass ich überzeugt bin, dieselben entsprechen nicht den wirklichen in dieser Höhe vorliegenden Verhältnissen. Es ist dies um so wahrscheinlicher, als von den gleichen Tagen auf dem ca. 1600 m niedriger gelegenen Col d'Olen wesentlich höhere Angaben vorliegen.

Die Beobachtungsdauer bei diesen Versuchen betrug nicht 15, sondern 30 Minuten, so dass die Werte von $E+$ und $E-$ mit den gleichbezeichneten der anderen Beobachtungen nicht unmittelbar vergleichbar sind.

Von grösserer Wichtigkeit als die Untersuchungen auf dem Gipfel sind folgende zwei Beobachtungen, welche ich an der Capanna Gnifetti in einer Höhe von ca. 3700 m beim Aufstieg und Abstieg anstellte.

Capanna Gnifetti, 3700 m.

Datum	Zeit	$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q	Bemerkungen
2. IX.	$+$ 7h 7p. $-$17h 30	13,36	40,26	2,05	6,18	3,0	Kalter Abend, ziehender Nebel, wo nebelfrei, klare Aussicht.
9. IX.	$+$ 2h 17p. $-$ 2h 40	16,55	21,99*)	4,23	16,88	3,99	Zerrissene Wolken, sich teilender Nebel nach leichtem Schneesturm mit fernen Donnerschlägen.

*) Beobachtungsdauer nur 5 Minuten, wegen erneutem Beginn des Schneegestöbers.

Die Elektrizitätszerstreuung ist in beiden Fällen nicht nur an und für sich ausserordentlich gross, sondern vor allem kommt hier das Vorwiegen der positiven Elektronen sehr eklatant zum Ausdruck. Besonders am 9. IX. wurden enorme Werte beobachtet, welche selbst die von den Herren Elster und Geitel[1]) auf dem Säntis (2500 m) und Gornergrat (3140 m) ermittelten Grössen noch übertreffen. Nur Herr Ebert[2]) hat in einer Höhe von ca. 3000 m im Luftballon eine annähernd ebenso erhebliche Zerstreuung gefunden, naturgemäss ohne eine so ausgeprägte Unipolarität. Allerdings ist der Versuch vom 9. vielleicht nicht als ein normaler zu betrachten, da kurz vorher bei leichtem Schneegestöber mehrere ferne Donner gehört worden waren. Gewitter aber beeinflussen die Zerstreuungswerte erheblich.[1])

Unter demselben Übelstande litt auch ein Versuch, welcher am selben Tage ca. 1 1/2 Stunden früher unterhalb des Lyssjoches in ca. 4000 m Höhe angestellt wurde. Der Grund, diesen Platz zur Untersuchung zu wählen, war folgender:

In seinem Buche „Der Mensch auf den Hochalpen“[2]) giebt Mosso an[3]), dass in abgeschlossenen Thälern und Schluchten die Gefahr der Bergkrankheit besonders gross sei. Ähnliches erwähnt von Schrötter.[4]) Er citiert, dass „in geschützten Mulden, engen Couloirs mit nebeliger, schwüler Luft“ häufig die Beschwerden der Bergkrankheit auftreten. Gleiche Wahrnehmungen sind von älteren Autoren aus den Anden und dem Himalaya berichtet. Die absolute Höhe ist für diese Erkrankungen nicht verantwortlich, da die Erscheinungen sehr häufig in grösserer Höhe wieder schwinden. Wenn man einmal die Idee gefasst hat, dass die Ionisation der Luft für das Eintreten der Krankheitserscheinungen mit verantwortlich zu machen sei, so liegt der Gedanke nahe, die von den Herren Elster und Geitel[5]) festgestellte, ausserordentlich hohe Ionisation abgeschlossener Luftmassen zur Erklärung heranzuziehen. Schon beim Aufstiege befragte ich daher unseren Führer, ob er mir eine Stelle bezeichnen könne, welche ohne besonders hoch zu liegen, für das Eintreten der Bergkrankheit prädisponiere. Derselbe wies mir sogleich den obenerwähnten Ort. Dieser lag in einer Bodensenkung unterhalb des Lyssjochs am Rande einer ungeheuren Eiskluft. Nach Westen frei gelegen, war er sonst von überragenden Eiswänden abgeschlossen. Die Ventilation dieser Stelle musste zweifellos eine verhältnismässig geringe sein. Leider war es mir unmöglich, während meines Aufenthaltes auf dem Monte Rosa dort mehrere Messungen auszuführen. Die ersten Tage brachten uns so schlechtes Wetter, dass wir die Hütte kaum verlassen konnten. Nur während dreier Tage war es uns überhaupt möglich, im Freien thätig zu sein. An diesen häufte sich naturgemäss die Arbeit derart, dass an eine Expedition nach dem Lyssjoch, welche immerhin mindestens 6 Stunden in Anspruch genommen hätte, nicht gedacht werden konnte. Ich musste mich daher darauf beschränken, beim Abstiege dort eine Messung der Elektrizitätszerstreuung vorzunehmen. Es war am 9. Sep-

1) Ann. d. Physik **2**, 425, 1900.
2) Sitzungsber. der Akademie zu München 1900, S. 511 und 1901, S. 35, 1900.

1) Ebert, Berichte über die in München in den Jahren 1901/02 ausgeführten luftelektrischen Arbeiten. Kgl. Gesellsch. d. Wissenschaft. in Göttingen 1902.
2) Veit & Co., Leipzig 1899.
3) l. c., S. 263.
4) Zur Kenntnis der Bergkrankheit. Wien, Wilhelm Braumüller 1899, S. 72.
5) Geitel, Diese Zeitschr., **2**, 116, 1900, und Elster und Geitel ebenda **2**, 560, 1901.

tember um 12 Uhr mittags. Über uns war klarer Himmel. Im Westen verdeckten jedoch einzelne Wolken die Aussicht auf die Berge des Wallis. Die Messung ergab nun Werte, wie sie bisher meines Wissens noch nirgends beobachtet worden sind:

$E+$	$E-$	$a+$	$a-$	q
18,16	51,44	4,65	19,74	4,25

Allerdings wurden wir, wie bereits erwähnt, unmittelbar nach der Messung durch aus so plötzlich heraufkommende Nebel mit leichtem Schneegestöber überrascht. Beim Absteigen hörten wir dann einige ferne Donnerschläge. Als wir an der Gnifettihütte anlangten, war der Nebel bereits teilweise gewichen und zwischen den Wolken der klare Himmel sichtbar. Die Ferne war allerdings noch völlig bedeckt. Noch während der Untersuchung begann es auch wieder etwas zu schneien. Ich führte dort sofort die obenerwähnte Beobachtung aus, die immerhin noch unter dem Einflusse des Gewitters gestanden haben mag.

Jedenfalls glaube ich, dass zur Würdigung der Bedeutung dieser atmosphärischen Vorgänge für das Einsetzen der Bergkrankheit weitere Untersuchungen an derartigen berüchtigten Stellen, wie z. B. der „Corridor" am Mont Blanc in der Nähe der Grands-Mulets wesentlich beitragen könnte.

Im übrigen ist hier wohl nicht der Ort, näher auf die physiologische Bedeutung der Luftionisation einzugehen, zumal ich in Gemeinschaft mit Herrn Aschkinass bemüht bin, die Frage auf experimentellem Wege der Klärung näher zu bringen. Kurz erwähnen möchte ich nur einige Angaben anderer Autoren, welche in dem Sinne einer Beeinflussung des Organismus durch die Ionisation der Luft zu deuten sein können. So wurden z. B. Kameraden Mossos[1]), welche schon lange gesund auf dem Monte Rosa waren, während eines Gewitters von der Bergkrankheit befallen, und wir selbst haben ganz ähnliche Erfahrungen gemacht. Von besonderem Interesse ist aber Tschudis Mitteilung aus den Anden, dass die Bergkrankheit (Puna) bei reiner Atmosphäre und grosser Kälte viel heftiger und allgemeiner auftritt, als wenn die Luft mit wässerigen Dünsten erfüllt ist, und diejenige Pöppigs, dass selbst akklimatisierte Fremde dort wohler und arbeitsfähiger sind bei dicker, regnerischer Luft als bei heiterem Himmel.[2])

1) l. c., S. 258.
2) Cit. nach Meyer-Ahrens, Die Bergkrankheit. Leipzig, F. A. Brockhaus 1854.

Berlin im Juli 1902.

(Eingegangen 17. Juli 1902.)

Mitteilungen aus dem physikalisch-mechanischen Institute von Prof. Dr. M. Th. Edelmann.

No. 2[1]): M. Edelmann, Neukonstruktionen objektiver Ablesevorrichtungen.

Für Schullaboratorien und solche der Praxis, für Messungen, bei welchen man nicht die äusserste Genauigkeit der Ablesungen beansprucht, ferner für solche Ablesungen, bei welchen eine gleichzeitige Ablesemöglichkeit für mehrere Personen geboten ist, hat man längst an Stelle der zwar genaueren, aber auch unbequemeren und für die Augen ermüdenden Fernrohre die objektive Ablesevorrichtung gesetzt, d. h. man projiziert ein Bild (Faden, Spalt, Glühfaden etc.) unter Vermittlung eines Konkavspiegels im Galvanometer oder noch besser, weil variabel bezüglich Brennweite, einer vor den Planspiegel geschalteten Linse auf die Skala. Dieses Bild wandert dann bei Drehung des Spiegels auf der Teilung. Solche macht man auf Holz, Glas, transparentem oder weissem Celluloid etc. Bisher wurde bei den besseren Apparaten dieser Art meistens durchsichtiges Material verwendet. Allein, wenn man mit solchen Skalen arbeitet, so bemerkt man sehr bald, dass das Bild, z. B. eines Glühfadens einer elektrischen Glühlampe, an sehr verschiedenen Stellen zu stehen scheint, je nachdem man die Skala links, vor oder rechts von dem projizierten Bilde besieht. Somit ist aber ein gleichzeitiges genaues Ablesen seitens mehrerer Beobachter (wie es z. B. bei Kabelabnahme und in Schullaboratorien sehr oft notwendig ist) unmöglich. Auch erscheint das Bild, von den verschiedenen Stellen aus beobachtet, zum Teil unscharf. Man wäre also gezwungen, das Auge immer genau vor das Bild, d. h. senkrecht zur Spiegelebene einzustellen, was ja namentlich bei Schwingungsversuchen lästig ist. Die seit langer Zeit gebräuchlichen Holz- oder Metall-Massstäbe, welche von der Spiegelseite aus abgelesen werden, vermeiden zwar diesen Übelstand, führen aber einen neuen, nicht minder lästigen ein, indem man nur zu leicht das Projektionsbildchen mit dem Kopfe verdeckt. Nachstehende Konstruktionen vermeiden beide Unannehmlichkeiten.

Bevor ich jedoch näher auf dieselben eingehe, möge es mir gestattet sein, einiges Historische bezgl. dieser Art Ableseeinrichtung zu bemerken. Angegeben wurde dieselbe von E. du Bois-Reymond in Poggendorffs Annalen, Band 95, Seite 607, im Jahre 1855. Ursprünglich verwendete man zur Projektion ein Spaltbild, an dessen Stelle dann später ein rechtwinkliger Ausschnitt trat. In dessen Mitte spannte man parallel zur Hochkante des Rechtecks einen Faden oder dünnen Draht, so dass man auf der Skala dann ein helles rechteckiges

1) No. 1: Diese Zeitschr. 3, 465, 1902.

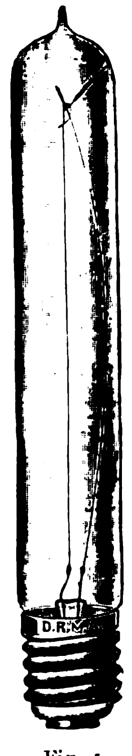


Fig. 1.

Bild mit dem Schattenstrich des Fadens erhielt. Als Lichtquellen wurden bereits alle gebräuchlichen Lichtarten, direkt oder indirekt, unter Benutzung eines Reflexionsspiegels verwendet. Namentlich war im letzteren Falle bei dem ziemlichen Lichtverluste eine Verdunklung des Zimmers notwendig. Endlich setzte man an Stelle des reflektierten Lichtes direkt den Glühfaden einer elektrischen Glühlampe, was sehr bald zu dem Wunsche nach einer guten Lampe mit linearem Glühfaden führte. Doch scheiterten alle diese Versuche lange an der Zerbrechlichkeit und kurzen Lebensdauer der Fäden. Erst kürzlich ist es der bayerischen Glühlampenfabrik, München, Landsbergerstrasse, gelungen, eine bezüglich Helligkeit, Stromverbrauch und Lebensdauer vorzügliche Lampe für derartige Zwecke herzustellen. Dieselbe (Fig. 1) besteht aus einem dünnen und einem dicken Kohlefaden. Der dünne ist konzentrisch angebracht und leuchtet, während der dicke nur warm wird, ohne zu leuchten, also ähnlich wie der Bogen die Sehne den dünnen Faden anspannt. Die Lampe wird für alle gebräuchlichen Spannungen hergestellt. Die direkte Benutzung des Glühfadens zur Projektion ermöglicht ein Arbeiten in gar nicht oder doch nur ausserordentlich wenig verdunkeltem Raume. Bei sämtlichen nachstehenden Konstruktionen findet die oben erwähnte Glühlampe Verwendung, jedoch können dieselben auch mit jeder anderen Beleuchtungsart ausgerüstet werden.



Fig. 2.

Fig. 2 zeigt eine Ablesevorrichtung, welche auf den Messtisch oder irgend ein Tellerstativ zu stellen ist. Auf einem Gusseisen- oder Zinkfusse steht eine Säule *M*, in welcher teleskopartig die Stange *K* hoch und nieder verstellbar und bei *L* fixierbar ist. Diese trägt in einer Muffe (deutlicher sichtbar in Fig. 3) mit Schraube *B* festzuklemmen eine Querstange, an deren Enden die Winkel bei *D* angebracht sind. Diese sind oben wiederum durch eine Querstange verbunden. Über diese ist ein Rohr geschoben, welches durch eine Feder an die Schraube *N* (Fig. 3) gedrückt wird. An diesem Rohre hängt

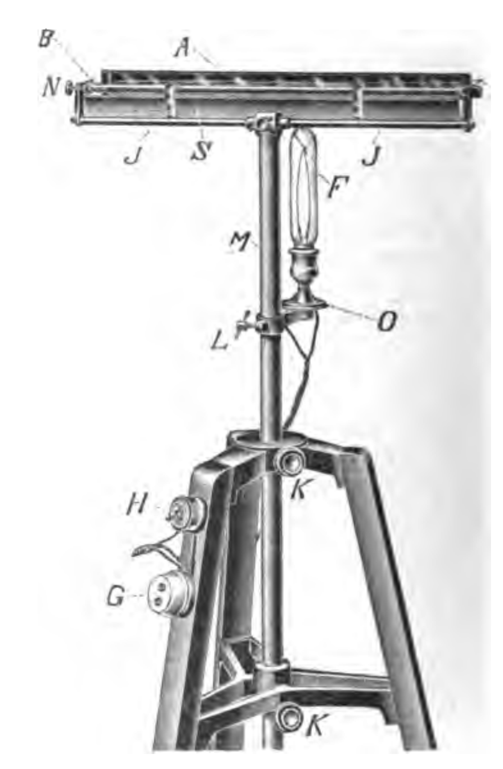


Fig. 3.

an zwei Haken wie *I* in Fig. 3 die Skala. Dieselbe wird von Hand auf dem Rohre seitwärts verschoben, wodurch die grobe Einstellung erfolgt, während sie in jeder Lage durch *N* mikrometrisch eingestellt werden kann. Der von der Lampe *E* ausgesandte Lichtstreifen wird vom Spiegel auf die weisse Celluloidskala *S* projiziert, während man im Ablesespiegel *A* seine Lage beobachtet. Besagter Spiegel ist drehbar um *BC* und wird bei *B* gedreht, bei *C* fixiert. Durch denselben ist einerseits ein Verdecken des Bildes durch den Kopf vermieden, andererseits genaue gleichzeitige Ablesung durch mehrere Beobachter gegeben. Das Fussbrett *I* trägt ausser der um ihre eigene Achse dreh-

baren Lampe E noch einen Stromschlüssel H für dieselbe und eine Steck-Anschlussdose G. Die Lampe wird je nach Wunsch entweder durch einen Blechschirm wie in Fig. 2 oder durch einen cylindrischen, in Fig. 3 bei O aufsetzbaren Kamin mit Schlitz vom Beobachter abgeblendet. Im ersteren Falle beleuchtet die Lampe auch gleichzeitig die Teilung. Die ganze Vorrichtung zeichnet sich durch Einfachheit, Handlichkeit und Billigkeit aus, weshalb sie sich in Schullaboratorien und solchen der Praxis bereits sehr gut bewährt hat. Fig. 3 gebracht. Vor dem mit Linse ausgestatteten Galvanometerspiegel sitzt ein total reflektierendes Prisma. Die lineare Glühlampe ist drehbar auf einem Messinggerüste, welches wiederum an der Wand befestigt ist. Die Skala aus transparentem Celluloid ist auf- und abwärts, vor- und rückwärts, sowie rechts und links seitwärts verstellbar und auch an die Wand montiert; abgelesen wird sie gleichfalls durch einen Spiegel. Über den ganzen unteren Teil der Einrichtung lässt sich ein Kasten schieben, der dann Galvanometer, Lampe und Mess-



Fig. 4.



Fig. 5.

zeigt dieselbe Anordnung auf ein Gauss-Stativ montiert. Weiteres ist zu diesem Instrumente wohl nicht zu bemerken.

In vielen Laboratorien spielt der für den Skalenabstand notwendige Raum schon eine ziemliche Rolle bezüglich Platzersparnis. Auch giebt es gewisse Messungen, welche bequemer im Sitzen auszuführen sind. Für solche Fälle leistet der in Fig. 4 und 5 abgebildete Messtisch mit Ablesevorrichtung vorzügliche Dienste. Eines der bekannten Edelmannschen Wand-Drehspulengalvanometer ist, wie aus Fig. 5 ersichtlich, an der Wand des Laboratoriums an-batterie in seinem Innern birgt und auf welchem man arbeiten kann, ohne Galvanometer oder Skala nur im geringsten zu erschüttern. Diese Einrichtung ist in meinen Laboratorien schon längere Zeit im Gebrauch und hat sich vorzüglich bewährt. Ein Hauptvorzug derselben ist die Möglichkeit, die Ablesevorrichtung vollständig unabhängig vom Kasten einzustellen, sowie dass das Galvanometer jederzeit bequem zugänglich ist. Natürlicherweise lässt sich der Kasten selbst je nach Wunsch bezüglich Form etc. ausführen.

(Eingegangen 24. Juli 1902.)

REFERATE.



Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. H. Th. Simon.



Über die auf der „Ausstellung elektrotechnischer Neuheiten, Berlin" ausgestellten Apparate.

Die Ausstellung elektrotechnischer Neuheiten in Berlin, die anlässlich des Gesellschaftsabends vom „Elektrotechnischen Verein" veranstaltet wurde, enthielt recht viel des Sehenswerten.

Messapparate.

Gans und Goldschmidt-Berlin waren mit einem Universal-Induktionsprüfer für Gleich- und Wechselstrom, einigen kombinierten Volt- und Ampèremetern und einem Hitzdrahtvoltmeter mit geringem Energieverbrauch vertreten.

Die Firma Hartmann & Braun-Frankfurt a. M. stellte eine Anzahl gänzlich neuer Konstruktionen von Instrumenten nach Dr. Bruger, sowie eine Reihe von Apparaten mit wichtigen Verbesserungen und Vervollkommnungen aus. Hervorgehoben sei ein direkt zeigender Phasenmesser, welcher die Ablesung des Verschiebungswinkels direkt gestattet und zwar unabhängig von Strom und Spannung. Das Instrument ist im Prinzip ein Doppelwattmeter mit gekreuzten Spulen.

Ferner seien genannt: ein astatischer Wattmeter nach Dr. Bruger mit gebogenen Flachspulen und vollkommen gleichmässiger Skalateilung, ein elektro-dynamisches Milli-Ampèremeter für Zeiger- und Spiegelablesung mit grosser Empfindlichkeit, sowie mit gleichmässiger Skalateilung, erzielt durch Abstossspulen, die die Anfangsempfindlichkeit erhöhen, ein Kompensationsapparat mit Kurbelschaltung für besonders bequeme Handhabung[1]) und direkte Ablesung, eine Präzisionsmessbrücke mit vertauschbaren Vergleichswiderständen, alle Widerstände einzeln kontrollierbar, ein Messapparat für Fehlerortsbestimmung an Kabeln nach der Schleifenmethode; durch einfache Kurbelschaltung kann der Brückendraht um das Zehnfache verlängert werden; der Apparat gestattet die Ablesung des Fehlers auf ein Zehntausendstel der Kabellänge.

Als neu seien ferner hervorgehoben das Ohmmeter der Firma für direkte Ablesung kleiner Widerstände, unabhängig von der Spannung der Messbatterie, ein Temperaturfernmesser bis 400^0 direkt zeigend nebst dazu gehörigem Widerstandsthermometer aus Platin, zwei Drehspul-Millivoltmeter nebst einem Thermoelement mit feuerfester und gegen Brüche gesicherter Montierung für Hochtemperaturen bis 1600^0 und endlich ein transportabler Apparat für Isolationsmessungen in Gleichstromanlagen während des Betriebes. Durch eine Kompensationsschaltung wird der Fehlerwiderstand der einen Hauptleitung stromlos gemacht und gleichzeitig der der anderen Hauptleitung gemessen.

1) Vgl. diese Ztschr. 1, 167, 1900.

Dr. Paul Meyer-Berlin führte zahlreiche, gut gearbeitete Schalttafelinstrumente und einen sehr empfindlichen Quecksilberkontrollautomaten vor, der als Maximalausschalter während der Dauer jeder Überschreitung einer bestimmten Stromstärke den Stromkreis selbstthätig unterbricht.[1])

Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft-Berlin hatte einen selbstthätigen Zellenschalter mit Selenkontaktvoltmeter ausgestellt. Der Apparat ist derart konstruiert, dass durch eine mit dem Voltmeterzeiger verbundene Scheibe das Licht einer Glühlampe entsprechend der jeweiligen Stellung des Zeigers resp. der Scheibe auf eine von zwei Selenzellen geworfen wird, welche entsprechende Hubmagneten zur Bewegung des Zellenschalters bethätigen. Wer sich mit Selenexperimenten beschäftigt hat, weiss, mit welchen Schwierigkeiten die Konstruktion derartiger brauchbarer Relais verbunden ist. Die bei der Bewegung des Zellenschalters verursachten Erschütterungen erfordern besonders konstruierte stosssichere Relais, wenn der Apparat zuverlässig und exakt arbeiten soll.

Endlich sei des Reversierankerzählers der Deutsch-Russischen Elektrizitätszähler-Gesellschaft-Berlin Erwähnung gethan, der im Prinzip aus einem festen Hauptstromfelde und einer gleichfalls festen Spannungsspule besteht, die einen Eisenanker in Gestalt einer gekröpften Nadel derart polarisiert, dass derselbe sich im Hauptstromfelde proportional der Wattzahl zu drehen vermag, bis er nach Zurücklegung einer Viertelumdrehung an ein Stromschlussstück stösst und durch ein infolgedessen erregtes Relais plötzlich wieder zurückgeschaltet wird.

Telegraphie und Telephonie.

Hier ist als neu hervorzuheben das selbstthätige Feuermeldesystem der Firma Siemens & Halske-Berlin. Der wesentlichste Bestandteil dieses neuen Systems ist der mit einer durchlochten Metallschutzkappe versehene Kontaktapparat, der eine Glasplatzpatrone enthält. Die in der einer Thermometerröhre ähnlichen Patrone enthaltene Flüssigkeit dehnt sich bei zunehmender Temperatur aus und sprengt die Kugel bei einer durch die jeweiligen Konstruk-

1) Vgl. E. T. Z. 23, 162 ff., 1902.

tionsverhältnisse bestimmten Temperatur. Beim Zerplatzen der Kugel wird ein bis dahin geöffneter Alarmstromkreis geschlossen resp. ein Ruhestromkreis unterbrochen. Ein Zeitschaltwerk ermöglicht es, die selbstthätige Meldeanlage während bestimmter Zeiten mit einem öffentlichen Feuermelder zu verbinden.

Der Membranwecker der Firma ist bereits früher ausführlicher beschrieben worden.[1])

Mix & Genest-Berlin führte neben einem Feuermelder eigenen Systems einen Wasserstandsfernmelder- und Registrierapparat vor.

Dieselbe Firma demonstrierte weiter neben zahlreichen Telephonapparaten ein neues Fernsprech-Nebenstellensystem, bei dem jede einzelne Nebenstelle vom Amt aus lediglich durch ein einmaliges Niederdrücken eines besonderen Druckknopfes angerufen werden kann. (Vgl. hierzu Wests automatischer Umschalter, diese Ztschr. **2**, 156—160, 1900.)

Die einzelnen Sprechstellen derselben Linienleitung, von denen bis zu zehn angeschlossen werden können, haben die Möglichkeit, durch Linienwähler unabhängig vom Amte miteinander zu verkehren. Sobald eine Nebenstelle eine Verbindung mit dem Amte herbeiführt, was ohne Vermittelung einer Centralstelle geschieht, erscheint auf sämtlichen Sprechstellen derselben Leitung ein optisches Zeichen, welches das Besetztsein der Linie anzeigt. Während des Gesprächs einer Sprechstelle mit der gemeinsamen Linie werden sämtliche übrigen Sprechstellen verriegelt, wobei ein Mithören durch Induktionswirkung durch geeignete Anordnung von Drosselspulen vermieden ist. Das System erfordert eine metallische Doppelleitung und Erdleitung bezw. drei metallische Leitungen.

Während dieses vollautomatische System gerade das Ziel verfolgt, die Verbindung der Nebenstellen mit dem Amte ohne Mitwirkung einer Person herzustellen, behandelt das ebenfalls von der Firma Mix & Genest eingeführte Janus-System das Problem der kontrollsicheren Verbindung von Nebenstellennetzen mit Privattelephonnetzen, wobei die Vermittlung von Gesprächsverbindungen der Nebenstellen mit dem Fernsprechamt durch eine Person erfolgt. Durch das Janus-Nebenstellensystem ist also die Möglichkeit geschaffen, die Privatapparate gleichzeitig als Postapparate zu verwenden und so die Privatnetze völlig mit den Reichslinien unter Gewährung ausreichender Kontrolle für die Verwaltung zu verschmelzen. Näheres über dieses System: E. T. Z. **23**, 151 ff., 1902 und Heinke, Handbuch der Elektrotechnik, **12**, 603 ff.

Der schnurlose Klappenschrank der Firma, Pyramidenschrank genannt, ist bereits früher beschrieben worden.[1])

Die Elektrische Bogenlampen- und Apparatefabrik-Nürnberg hatte einen verbesserten Linienwähler, System Cerebotani, für beliebig viele Fernsprechnebenstellen ausgestellt.

Als Neuheit seien noch die von Dr. Cassirer & Co.-Charlottenburg hergestellten Telephonkabel mit Papierisolation, System West, genannt, die sich durch eine sehr geringe Kapazität auszeichnen, und das Hackethal-Leitungssystem der Hackethal-Draht-Gesellschaft, Hannover. Das System vermeidet durch die Art seiner Verlegung, indem die beiden Drähte der Doppelleitung unter Verwendung nur eines Isolators von besonderer Form für jeden Stützpunkt kreuzweise geführt werden und durch die Isolierung des Leitungsdrahtes mit Mennige Induktionsstörungen durch in der Nähe befindliche Hochspannungsleitungen, sowie Betriebsstörungen durch Starkstromübergänge, ferner kann es mit Vorteil an allen solchen Stellen angewendet werden, wo stark oxydierende Gase die Lebensdauer blanker Leitungen sehr verkürzen.

Zum Schluss dieses Abschnittes sei endlich der von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft-Berlin ausgestellte Universalschalter, System Proett, erwähnt, der für beliebig viel Telephon-Nebenschlussstellen bestimmt ist und sich im wesentlichen dadurch auszeichnet, dass unter Benutzung einer einfachen Fernleitung das Amt von jeder Sprechstelle aus angerufen werden kann, wobei sämtliche anderen Sprechstellen automatisch von der Linie abgetrennt werden. Ein Anruf der Nebenstellen vom Amte aus ist jedoch nicht möglich.

Dynamomaschinen und Elektromotoren.

Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft führte zwei Miniaturbohrmaschinen zum Bohren kleiner Löcher vor.

Die Berliner Maschinenbau-A.-G., vorm. L. Schwartzkopff, Berlin, hatte eine 3,5 kw-Dampfdynamo, die Bismarckwerke Bergerhof einen Kapselmotor und einen elektrisch angetriebenen Ventilator mit selbstthätigem Jalousieverschluss ausgestellt.

Die Elektrizitäts-Gesellschaft „Hansa", Kammerhoff und Winkelstroeter, Hamburg, war mit mehreren kompendiös und kräftig gebauten elektrischen Handbohrmaschinen, die Fabrik elektrischer Apparate Dr. Max Levy, Berlin, mit den bekannten Bandwiderständen und mehreren elegant ausgeführten Kronen, kombiniert mit Ventilatoren, und

1) Vgl. diese Ztschr. **2**, 642, 1901.

1) Vgl. diese Ztschr. **2**, 633, 1901. Über das Janussystem erscheint demnächst ein ausführlicher Bericht in dieser Zeitschrift

Siemens & Halske, A.-G. Berlin, mit einer Gesteinsdrehbohrmaschine vertreten.

Beleuchtungstechnik.

Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin führte die neuesten Modelle der Nernstlampen mit verschiedenen Armaturen, einfach und verziert, für Frei- und Innenräume, im Betriebe vor. Die neuen Nernstlampen unterscheiden sich nur unwesentlich von den bereits ausführlicher beschriebenen vorjährigen Modellen.[1])

Die Lampen werden jetzt für alle gebräuchlichen Spannungen zwischen 100 und 150 Volt, sowie für Spannungen zwischen 200 und 250 Volt angefertigt.

Die Lampen setzen sich aus dem Sockel, Brenner, Widerstand und der Garnitur zusammen, die sämtlich leicht auswechselbar sind.

Nicht direkt zur Ausstellung gehörig, aber anlässlich seines Vortrages von Herrn Professor Lummer vorgeführt, wurden mehrere Osmiumlampen der Deutschen Gasglühlicht-Gesellschaft, Berlin, welche sich durch ihr schönes weisses Licht auszeichneten. Die Schwierigkeit der Beschaffung genügender Mengen Osmiums, sowie der Herstellung von Lampen für hohe Spannungen hat bisher die Einführung dieser neuen vielversprechenden Lampen in die Praxis verhindert.

Zahlreich waren Flammenbogenlampen vertreten, bei denen durch geeignete Kohlenpräparation die Flammenbogengase selbst das Licht ausstrahlen.

Neben gewöhnlichen Differentialbogenlampen mit übereinander angeordneten metallsalzhaltigen Kohlenstiften (von Gebrüder Siemens, Charlottenburg), wie sie Siemens & Halske (Effektbogenlampen) und K. Weinert, Berlin, vorführten, erregten besonders die von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und K. Weinert installierten Intensiv- resp. Flammenbogenlampen mit nach unten gerichteten, schrägstehenden Effektkohlen wegen ihrer Lichtfülle und durch sehr ruhiges Brennen die allgemeine Aufmerksamkeit der Besucher.

Diese Lampen ergeben, ähnlich wie die Bremerlampen, etwa den dreifachen Lichteffekt bei gleichem Stromverbrauch gegenüber gewöhnlichen Bogenlampen.

Der Mechanismus der ausgestellten Flammenbogenlampen weicht von dem gewöhnlicher Differentiallampen nur unwesentlich ab; jedoch besitzen die neuen Lampen eine elektromagnetische Blaseeinrichtung zur Verlängerung des Lichtbogens. Trotz verhältnismässig grosser Lichtbogenlänge (20 bis 30 mm) ist doch die Klemmenspannung der Flammenbogenlampen nur wenig höher als bei gewöhnlichen Bogenlampen. Sie beträgt nämlich bei Gleichstrom ca. 45 Volt, bei Wechselstrom ca. 35 Volt, so dass die Flammenbogenlampen für Gleichstrom bei 110 Volt zu zweien, bei 220 Volt zu vieren hintereinander geschaltet werden.

Durch entsprechende Zusätze zu den Kohlenstiften kann man sowohl eine weisse, als auch rosa oder goldgelbe Färbung des Flammenbogens erreichen. Bisher hat sich das Licht von goldgelber Färbung, die etwas heller ist als bei den Bremerlampen, als das intensivste erwiesen.

Die Lampen werden zunächst für 6 und 10 Ampère bei Gleichstrom und für 10 Ampère bei Wechselstrom gebaut und die Brenndauer beträgt ca. 5 bis 10 Stunden.

K. Weinert hatte ausserdem neben seinen bekannten Bogenlampentypen, Dreischaltungslampen und Doppelbogenlampen auch Scheinwerfer für Bühnenbeleuchtung und Lichtheilzwecke ausgestellt. Besonders hervorgehoben sei ein grosser, wasserdicht abgeschlossener Marinescheinwerfer mit Säulenfuss.

Eine besondere Gruppe bildeten die Bestrahlungsapparate für Lichtheil- und photographische Zwecke. Neben den Projektionslampen mit Hand- resp. automatischer Regulierung erregte besonders eine grosse, 100 Ampère Nebenschluss-Bogenlampe für Finsenbestrahlung wegen ihrer ungewöhnlichen Dimensionen die Aufmerksamkeit der Besucher.

Zur elektrischen Reklamebeleuchtung gehört die von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, ausgeführte Universal-Reklame-Druckschrift. Das Reklameschild ist aus einzelnen Feldern zusammengesetzt und können in jedem Felde über 40 verschiedene Schriftzeichen mit nur 29 Glühlampen eingeschaltet werden. Das Ein- resp. Ausschalten von Ankündigungen, wie z. B. Zeitungstelegramme, Theater- und Konzertprogramme, Signale für Eisenbahn und Schiffahrt etc. erfolgt durch gelochte Streifen oder durch einen einer Schreibmaschine ähnlichen Apparat.

Die Ankündigung auf dem Schild erscheint, sobald durch Druck auf die entsprechenden Tasten ein Buchstabe nach dem anderen eingeschaltet wird. Jeder Lampenstromkreis hat ein Relais zwischen Lampenstromkreis und Schild; das Relais wird bei Tastendruck erregt und schaltet die Lampen im Schild so lange ein, bis durch Unterbrechung im Hauptschalter das ganze Schild verdunkelt wird.

Es lässt sich natürlich auch das Ein- und Ausschalten einer beschränkten Anzahl von Wortbildern selbstthätig bewirken.

---

1) Vgl. diese Ztschr. **2**, 643, 1901.

Röntgenapparate.

Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft führte ein neues orthographisches Zeichenstativ zur Aufnahme von Röntgenbildern nach ihrer wahren Form und Grösse vor. Während eine gewöhnliche Röntgenaufnahme eine Centralprojektion ist, wird bei dem neuen Zeichenstativ eine Parallelprojektion dadurch erzielt, dass der Röntgenstrahl, welcher die Tangente an das zu projizierende Objekt darstellt, an jeder Berührungsstelle des Körpers senkrecht auf der Schirmebene steht, d. h. dass sich die Strahlen stets zu einander parallel bewegen. Erreicht wird dies bei dem vorliegenden Apparat durch die starre Verbindung der Röntgenröhre mit dem Zeichenstift. Beide sind parallel mit sich und zur Schirmebene in Richtung beider Koordinaten beweglich.

Dr. Max Levy führte ein billiges Röntgeninstrumentarium mit Plättchenunterbrecher im Betriebe vor (vgl. Fig. 1). Bei der Zusammenstellung ist der Plättchenunterbrecher System Simon-Ruhmer verwandt, der sich durch den Fortfall des Platinverbrauchs, sowie die Möglichkeit bequemer Regulierung innerhalb weiter Grenzen auszeichnet. Der Unterbrecher wurde auf der vorjährigen Naturforscherversammlung in Hamburg zum erstenmal demonstriert und damals bereits konstatiert, dass man mit demselben allen in der Röntgenpraxis vorkommenden Aufgaben bis zu einem hohen Grade der Vollkommenheit genügen kann. [1])

Die Einrichtung kann unter Verwendung des gleichen Unterbrechers auch im Anschluss an eine Wechselstrom- oder Drehstromcentrale betrieben werden. (System Ruhmer, vgl. diese Zeitschrift **2**, 742, 1901.)

Einen Riesenindaktor von 1 m Schlagweite mit Quecksilberstrahl-Unterbrecherbetrieb führte die A.-G. Siemens & Halske vor. Der Stromverbrauch des Induktors soll ca. 30 Ampère bei 110 Volt betragen haben.

Zum Schluss seien noch einige physikalische Demonstrationsapparate erwähnt, die im Betriebe vorgeführt wurden. Die Firma Dr. Max Levy hatte ein neues, hübsch ausgestattetes Instrumentarium zur Demonstration des tönenden Flammenbogens nach Duddell und der damit anzustellenden Wechselstromversuche ausgestellt.

Das in Fig. 2 dargestellte Instrumentarium besteht zunächst aus dem Hauptapparat, der in seinem Inneren einen abgestuften Kondensator enthält, während aussen neben den erforderlichen Anschlussklemmen der für direkten Anschluss an in Starkstromnetz erforderliche Vorschaltwiderstand, eine Drosselspule und fünf Tasten zur Veränderung der Kapazität resp. Selbstinduktion angebracht sind. Durch Kombination verschiedener Tasten kann die Tonhöhe des kurzen Flammenbogens der mit Homogenkohlen versehenen Handregulierbogenlampe in weiten Grenzen variiert werden.

Als Nebenapparate sind dem Instrumentarium eine Induktionsspule mit Eisenkern zur Demonstration der Elihu-Thomsonschen resp. von Induktions-Versuchen und ein Impedanzgestell mit Glühlampenüberbrückungen beigegeben.

2) Vgl. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen **5**, Heft 1, 79, 1901.

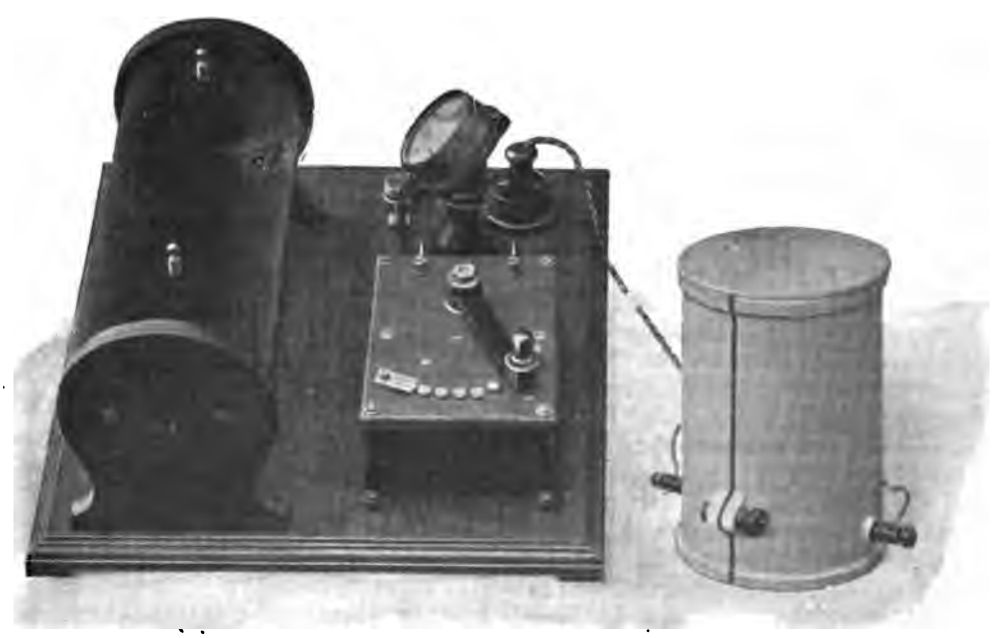


Fig. 1.

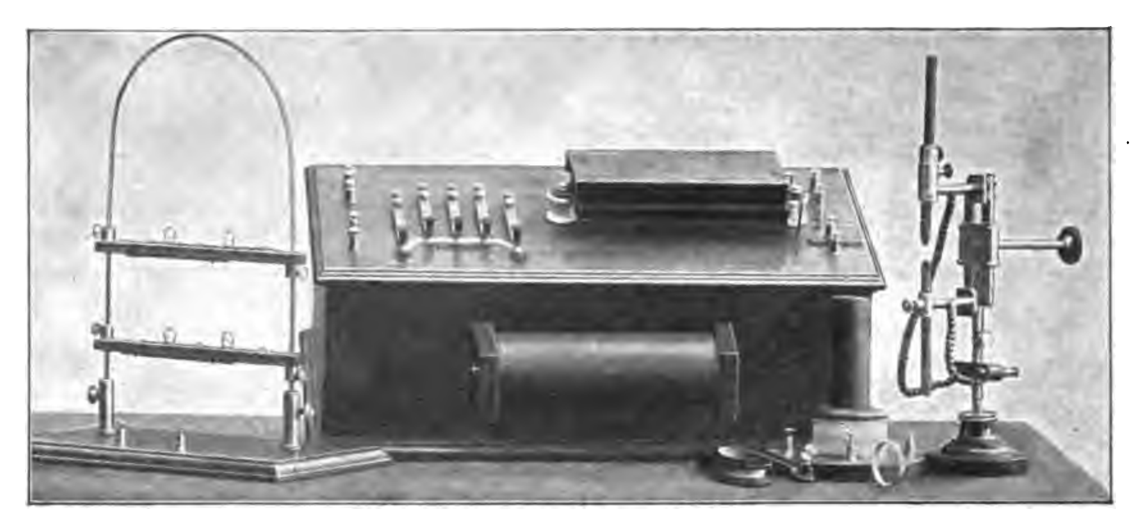


Fig. 2.

Das Instrumentarium schliesst sich in seiner Ausführung eng an das ebenfalls in Zusammenhang mit einer automatisch regulierenden Bogenlampe demonstrierte Instrumentarium zur Simonschen musikalischen Bogenlampe an.

Die automatische Lampe, System Ruhmer, die bei 220 Volt mit einem ca. 5 bis 8 cm langen Flammenbogen brennt, ist mit einer Schutzglocke versehen, um den Beobachter vor den grellen Strahlen zu schützen, ohne dass dadurch die Lautwirkung wesentlich beinträchtigt würde.

Ruhmers physikalisches Laboratorium, Berlin, endlich führte eine gelungene photophonische Übertragung mittels undulierender Bogenflamme aus. Als Sender diente ein kleiner Scheinwerfer, dessen Lichtquelle in bekannter Weise zum Undulieren gebracht wurde. (Vgl. diese Zeitschr. **3**, 278, 1902.)

Die parallel gemachten Strahlen wurden an der Empfangsstation mittels eines grossen ca. 3/4 m Durchmesser besitzenden Parabolspiegels auf eine in der Achse des Spiegels befindliche cylinderförmige lichtempfindliche Zelle konzentriert.

Als Gegengewicht zu dem nach allen Richtungen leicht verstellbaren, an einem hohen ausziehbaren, vernickelten Messingstativ befestigten Spiegel dient der an der Rückseite desselben angebrachte, äusserlich einer gewöhnlichen Telephonstation gleichende Telephonkasten mit Wecker, Hakenumschalter und zwei Telephonen. Sobald das Licht des Scheinwerfers auf die Zelle fällt, tritt das im Innern des Telephonkastens befindliche Relais in Wirksamkeit, welches seinerseits wieder den zum Anruf dienenden Wecker bethätigt. Nach Abnahme der Hörer vom Haken wird das Relais ausgeschaltet und die Hörer werden in den Stromkreis der Zelle eingeschaltet, so dass die photophonische Übertragung abgehört werden kann. Die zum Betriebe der Zelle, des Relais und des Weckers dienende Batterie ist in dem das Stativ tragenden Mahagonigrundkasten enthalten, so dass die Empfangsstation auch als transportable Station gut verwendet werden kann. Zu den trotz der grossen Lichtfülle mit dem Apparate erhaltenen günstigen Resultaten trug nicht unwesentlich die hohe Empfindlichkeit der neuen Ruhmerschen Zellen bei.

Während die bisherigen Selenzellen eine flache Form hatten, ist die neue lichtempfindliche Zelle (vgl. Fig. 3) cylinderförmig und zum Schutze gegen Beschädigung und Einflüsse der Atmosphäre in eine evakuierte Glasbirne eingeschlossen. Die Zelle ist mit einer Gewindefassung versehen, mittels deren sie in jeder Glühlampenfassung befestigt werden kann.

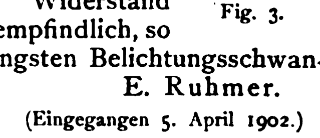


Fig. 3.

Die Zellen sind von fast unbegrenzter Haltbarkeit, absolut konstant und dank eines ganz neuen Herstellungsverfahrens bei verhältnismässig niederem Widerstand ausserordentlich lichtempfindlich, so dass sie auf die geringsten Belichtungsschwankungen reagieren.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 5. April 1902.)

G. Marconi, Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie.

In einem sehr interessanten, in der Versammlung des Royal Institution am 13. Juni d. J. gehaltenen Vortrage (The Electrician, **49**, 388

u. 520, 1902) berichtete Marconi über die neuesten Fortschritte der drahtlosen Telegraphie unter besonderer Berücksichtigung seines neuen magnetischen Detektors.

Nach einer einleitenden Bemerkung, dass die Telegraphie ohne fortlaufende Leitung eigentlich nicht so wunderbar sei als jene mit fortlaufender Leitung, beschreibt er die in den letzten Jahren erzielten Fortschritte der abgestimmten drahtlosen Telegraphie. Wir haben bereits in No. 48 des vorigen Jahrganges ausführlicher über die verschiedenen Anordnungen berichtet, die Marconi im Anschluss an das Lodgesche Experiment mit den abgestimmten Leydener Flaschen traf, um ein praktisch brauchbares System der Abstimmung auszubilden. Der syntonische Sender wird aus einer Tesla-Anordnung gebildet,

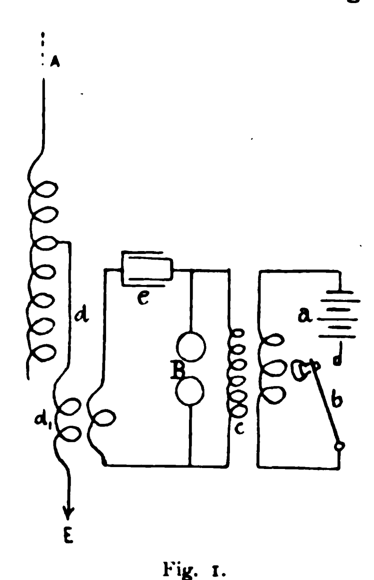


Fig. 1.

wie solche auch von Braun[1]) benutzt wird und in Fig. 1 schematisch dargestellt ist. Fig. 2 und 3 zeigen die Empfangsstation. Um die Abstimmung mehr auszuprägen, ist bei der in Figur dargestellten Anordnung ein Kondensator dem Kohärer parallel geschaltet. Dieser Kondensator vergrössert die Kapazität des sekundären Kreises des Transformators und bewirkt, dass sich im Falle einer langen Reihe verhältnismässig schwacher, aber abgestimmter Wellenimpulse die Wirkung summiert, bis die elektromotorische Kraft an den Enden des Kohärers gross genug ist, um denselben zum Ansprechen zu bringen. Zur Abstimmung ist es unbedingt erforderlich, dass sowohl die beiden Stromkreise des Sendeapparates als auch die beiden Stromkreise des Empfangsapparates abgestimmt sind, so dass unter Vernachlässigung des Widerstandes, das Produkt aus Kapazität und Induktanz in allen vier Stromkreisen gleichgross sein muss.[2])

1) Vgl. F. Braun, diese Zeitschr. **2**, 373, 1901.
2) Vgl. F. Braun, E. T. Z. **22**, 258 ff., 1901.

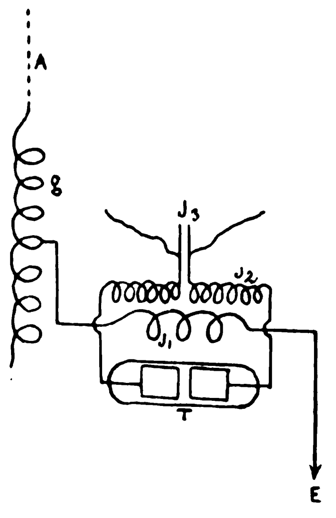


Fig. 2.

Damit der obenerwähnte, dem Kohärer parallel geschaltete Kondensator seine günstige Wirkung entfalten kann, ist es erforderlich, dass der Kohärer im unbeeinflusstem Zustande einen fast unendlich grossen Widerstand besitzt, da sonst der Kondensator und die sekundäre Wicklung des Transformators teilweise durch den Kohärer kurz geschlossen sind und sich die

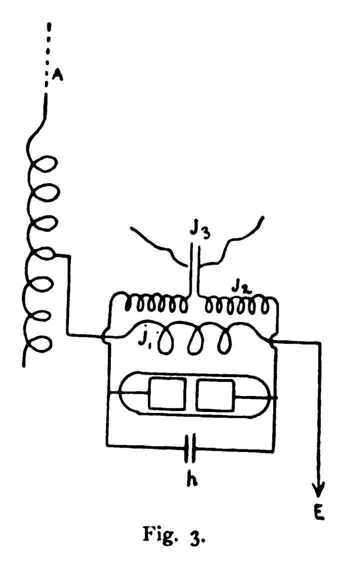


Fig. 3.

einzelnen schwachen Impulse nicht genügend summieren können, um eine für das Ansprechen des Kohärers erforderliche Potentialdifferenz zu erzeugen.

Marconi verwendet daher für syntonische Versuche Kohärer mit sehr feiner Füllung und nicht zu schmalem Spalt. Unter anderem werden auch die Kohlen-Auto-Dekohärer von Tommasina, Popoff und anderen und endlich auch der Quecksilber-Auto-Dekohärer der italienischen Marine erwähnt, die sich wegen ihres niedrigen

und fortwährend verändernden Widerstandes aber für syntonische Zwecke nicht eignen, dagegen für vorübergehende Versuche bei nicht abgestimmten Systemen wegen ihrer grösseren Leistungsfähigkeit gegenüber dem gewöhnlichen Kohärer oft nützlich sind.

Zum Schluss beschreibt Marconi seinen neuen magnetischen Detektor, der die gewöhnlichen Kohärer sowohl an Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit als auch Leistungsfähigkeit übertreffen soll.

Der neue Detektor beruht auf der Verringerung der magnetischen Hysterisis unter der Einwirkung von Hochfrequenzströmen auf magnetisiertes Eisen, wie solche bereits von Henry, Aloria, Lord Rayleigh, Rutherford beobachtet und studiert wurde. In seiner einfachsten Form besteht der Marconische Empfänger aus einigen hartgezogenen Eisendrahtstäbchen (oder Stahlstäbchen), die den Kern eines Transformators bilden, von denen die aus ein bis zwei Lagen dünnen isolierten Drahtes bestehende primäre Wicklung mit dem Empfangsdraht einerseits und der Erde andererseits, die in einer schmalen Spule über derselben angeordnete aus einem längeren Drahte bestehende sekundäre Wicklung mit einem gewöhnlichen Telephonempfänger verbunden ist.

Wird der Eisenkern in ein langsam veränderliches Magnetfeld gebracht, so machen sich die durch die primäre Wicklung geleiteten Wellenimpulse durch ein Knacken im Telephon bemerkbar.

Zum Gelingen dieses Versuches ist es erforderlich, dass sich der magnetische Zustand des Kernes beständig ändert. Marconi lässt daher vor dem Kern mittels Uhrwerkes einen Hufeisenmagneten rotieren, der einen kontinuierlichen Wechsel in der Magnetisierung des Eisenkernes bewirkt.

Marconi bemerkt, dass die hörbaren Zeichen im allgemeinen bei der Annäherung der Pole des rotierenden Magneten am grössten sind. Gute Resultate wurden auch mit einer Anordnung erhalten, bei der der Magnet fest war und der aus einigen Eisendrähten bestehende ringförmige Kern mittels Uhrwerk auf Rollen rotierte.

Diese Form des Detektors wurde mit Erfolg bei drahtlosen Übertragungen zwischen St. Catherine's Point (Insel Weight) und North Haven (Poole) bei einer Entfernung von 30 Meilen und zwischen Poldhu in Cornwall und Poole in Dorset bei einer Entfernung von 152 Meilen (109 über See, 43 über Land) angewendet.

Ohne Zweifel würde man auch den Eisenkern direkt auf die Telephonmembran wirken lassen können und so die Sekundärwicklung sparen.

Der Kohärer eignet sich auch vorzüglich für abgestimmte Systeme, bei denen er mit der Sekundärspule des Empfangstransformators verbunden wird. Da er auf bedeutend schwächere elektromotorische Kräfte anspricht, so können die Sekundärspulen der abgestimmten Transformatoren bedeutend induktanzärmer ausfallen und die Abstimmung durch einen bedeutend grösseren in Serie geschalteten Kondensator erzielt werden, als bei Anwendung eines Kohärers. Die Stromkreise des Empfängers können daher auch viel präziser abgestimmt werden. Als Anruf dient ein Kohärer mit Relais und Glocke, wenn es nicht gelingen sollte, die Beeinflussungen des magnetischen Detektors zu registrieren. Zur Zeit konnten bereits 30 Worte in der Minute mittels des neuen Detektors übermittelt werden und es erscheint nicht ausgeschlossen, mehrere hundert Worte in der Minute zu übertragen.

Zum Schluss geht Marconi auf die Entwicklung der praktischen Anwendung seines Systems ein, wobei er auch seine transatlantischen Versuche erwähnt, ohne jedoch hierüber nähere, als bereits bekannte Angaben mitzuteilen. Sollte der neue Detektor die in ihn gesetzten Erwartungen erfüllen, so bezeichnet seine Erfindung einen neuen Markstein in der Entwicklung der drahtlosen Telegraphie.

E. Ruhmer.

(Eingegangen 4. Juli 1902.)

BESPRECHUNGEN.

Harry C. Jones, The elements of physical chemistry. New York 1902. 565 Seiten.

Das Bedürfnis, die Probleme der Chemie unter den weiteren und allgemeineren Gesichtspunkten der physikalischen Chemie zu betrachten, wird auch im Auslande immer fühlbarer und es vergeht, besonders in England und Amerika, kaum ein Jahr, ohne dass ein Versuch gemacht wird, eine oder die andere Lücke der englischen Litteratur auf diesen Gebieten auszufüllen. Vorliegendes Werk soll eine Einführung für den Anfänger sein und giebt als solche einen ziemlich vollständigen Überblick über die Begriffe und Theorien der allgemeinen Chemie, ohne viel auf Einzelheiten einzugehen. Besonders hervorzuheben ist der enge Anschluss an das Experiment, welcher hier eingehalten wird, die Entwickelung der modernen Ansichten auf Grund der experimentellen Daten. Ein weiterer Vorzug dürfte die durchgehende Berücksichtigung der älteren, grundlegenden Arbeiten sein, welche einen Einblick in den historischen Wandel der Anschauungen gestattet.

Einige kleine Mängel wären freilich bei einer

zweiten Auflage zu berücksichtigen. So sollte man es wohl nicht unterlassen, bei der Besprechung von Schmelzpunktsregelmässigkeiten auf die Erscheinungen der Polymorphie einzugehen und auf die Willkür hinzuweisen, welche infolge dieser Verhältnisse für die Wahl des Schmelzpunktes besteht. Der Rudolphischen Formel für die starken Elektrolyte wäre wohl die bessere van't Hoffsche Formel an die Seite zu stellen gewesen sein. Bei der Beschreibung der Wasserstoffentwicklung an reinem Zinke bei der Berührung mit Platin und ähnlicher Erscheinungen wäre wohl der Begriff und die Erscheinungen der Überspannung einzuführen gewesen, ohne welche die gewählten Beispiele nicht verstanden werden können und dgl. mehr. Ein wichtigerer, systematischer Fehler scheint aber dem Referenten die Behandlung des Massenwirkungsgesetzes erst an letzter Stelle (im vorletzten Kapitel) zu sein; ein Missgriff, der gewisse Ableitungen, wie z. B. das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz, als eine Art empirischer Formel erscheinen lässt und der weder historisch noch logisch begründet ist.

Im übrigen werden die fliessende, leicht fassliche Darstellung, die möglichste Vermeidung unnützer Hypothesen und die zahlreichen Tabellen und Litteraturangaben dem Buche wohl manche Freunde gewinnen, doch wird es demjenigen, der die deutschen Lehrbücher kennt, kaum etwas Neues bieten können. J. Billitzer.

(Eingegangen 15. Juni 1902.)

Hans Geitel, Über die Anwendung der Lehre von den Gasionen auf die Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität. 27 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1901. Mk. — 60.

Die Broschüre ist ein Abdruck des auf der 73. Naturforscher-Versammlung in Hamburg vom Verfasser gehaltenen Vortrages, ergänzt durch eine Reihe erläuternder Anmerkungen und Litteraturnachweise. Eine auszugsweise Wiedergabe des Inhaltes scheint kaum angebracht, da derselbe den Lesern der Zeitschrift grossenteils aus den Einzelveröffentlichungen des Verfassers (meist in Gemeinschaft mit J. Elster) bekannt sein dürfte. Wer sich mit den Fragen der atmosphärischen Elektrizität näher zu beschäftigen wünscht, für den dürfte ein genaues Studium der Broschüre selbst sowieso unentbehrlich sein. W. Kaufmann.

(Eingegangen 15. Juni 1902.)

L'industrie française des instruments de précision 1901—1902. Paris, Hôtel des Sociétés savantes. 28, Rue Serpente.

Der glänzende Erfolg der deutschen Präzisionsmechanik auf der Pariser Weltausstellung und die allgemeine Anerkennung ihrer Überlegenheit hat zu einer Syndikatbildung der französischen Präzisionsmechaniker geführt, mit dem Ziele, den ausländischen Fortschritten gegenüber den alten Ruhm wieder zur Geltung zu bringen. Der vorliegende, nach dem Muster des Ausstellungskatalogs der deutschen Mechanik und Optik gearbeitete Sammelkatalog der Syndikatsfirmen ist ein Schritt zu diesem Ziele. Herr Cornu hat die Einleitung dazu geschrieben: An glanzvollen Namen fehlt es in der Geschichte der französischen Präzisionsmechanik wahrlich nicht. Sie sind eng mit den Namen der ersten französischen Physiker verbunden. Aus dieser innigen Fühlung mit der Wissenschaft ist einst der Ruhm der französischer Mechanik gekommen, sie soll ihn aufs Neue dadurch zu beleben suchen. — Trotz dieser und mancher anderen guten Mahnung sucht Cornu im grossen und ganzen seinen präzisionsmechanischen Landsleuten dadurch Mut und Stärke zu geben, dass er den Mund hübsch voll nimmt, und die Erfolge des Auslandes als nur scheinbare hinzustellen sucht. Ob er ihnen damit nützt, ist eine andere Frage.

Das ganze Buch ist aber jedenfalls eine sehr erfreuliche und allenthalben wertvolle Heerschau dessen, was alles in Frankreich an präzisionsmechanischen und optischen Dingen gemacht wird. Gerade für den Physiker ist es angenehm, alles das übersichtlich, jeder Apparat mit einer kurzen Beschreibung, beisammen zu haben und sofort zu wissen, wo er die eine oder andere französische Spezialität an der Quelle bekommt. — Der Katalog ist sachlich und vornehm gehalten, gut ausgestattet und nach Firmen geordnet, deren Geschichte und Erzeugnisse er frei von Marktschreierei aufzählt.

H. Th. Simon.

(Eingegangen 13. Mai 1902.)

Natur und Schule, Zeitschrift für den gesamten naturkundlichen Unterricht aller Schulen, herausgegeben von Landsberg, Schmeil und Schmid. Leipzig, B. G. Teubner. 1902. I. Halbjahr. Preis 6 M.

Die neubegründete, dem Schulbetriebe sämtlicher naturwissenschaftlichen Fächer dienende Zeitschrift dürfte in der That einem wirklichen Bedürfnisse entgegenkommen. Wir heben folgende Aufsätze der vorliegenden 4 ersten Hefte aus dem Gebiete der Physik hervor.

Börnstein (Berlin) sucht aus dem besondern Verhalten der Schallstrahlenbrechung in der Atmosphäre den Umstand zu erklären, dass Gewitter so häufig nur als Wetterleuchten wahrgenommen werden, und dass andererseits Schallsignale zuweilen des Nachts weiter hörbar sind als bei Tage. — Kohlschütter (München) bringt einen gut geschriebenen Aufsatz über die neuer-

dings entdeckten Bestandteile der Atmosphäre. Seine Darstellung schlägt den historischen Weg ein und schildert in wissenschaftlicher Weise alle Entdeckungsphasen auf dem Gebiete der Luftanalyse, berührt auch die modernen Anschauungen über die Herkunft der selteneren Luftbestandteile, insbesondere des Heliums.

Sonn (Berlin) und Haselbach (Göding) bringen Schulversuche aus dem Gebiete der Mechanik flüssiger und gasförmiger Körper, die sich mit dem allereinfachsten Mitteln ausführen lassen und daher sowohl für Eigenbeschäftigung der Schüler wie für Volksschulen sich besonders eignen dürften. Ebeling (Berlin) berichtet günstig über seine Erfahrungen mit Chlor in Stahlflaschen beim Unterricht. — Zieht man noch in Betracht, dass ein ausgiebiger Nachweis für physikalische Lehrmittel von Dressler (Plauen-Dresden) geliefert wird, so kann wohl zugestanden werden, dass die Bedürfnisse der Physik in der neuen Zeitschrift in erfreulicher Weise Berücksichtigung finden.

O. Behrendsen.

(Eingegangen 23. Mai 1902.)

Ludwig Dressel, Elementares Lehrbuch der Physik, nach den neuesten Anschauungen für höhere Schulen und zum Selbstunterricht. gr. 8°. 1026 Seiten mit 589 Figuren in 2 Bänden. Freiburg im Breisgau, Herdersche Verlagsbuchhandlung. 1900. M. 15.—

Das Buch soll, wie der Verfasser im Vorwort bemerkt, ein getreues Bild des heutigen Standes der Physik entwerfen. Es ist hauptsächlich bestimmt als Führer und Ratgeber in allen physikalischen Fragen für die, welche mit der elementaren Vorbildung der Gymnasien und Realschulen ausgerüstet sind. Diese Aufgabe erfüllt das Buch vollkommen. Der äusserst reichhaltige Stoff ist in übersichtlicher Weise klar und leicht fasslich dargestellt, wobei alle Gebiete mit möglichster Vollständigkeit bis auf die neuesten experimentellen und theoretischen Forschungen behandelt werden. Das Buch leistet mithin nicht nur als Nachschlagebuch stets vorzügliche Dienste, sondern ist auch zum Studium allen, die sich mit Physik beschäftigen, angelegentlichst zu empfehlen. M. Reich.

(Eingegangen 21. April 1902.)

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

L'Année photographique par Albert Reyner. Un volume de 320 pages avec nombreuses figures et illustrations. Paris, Charles Mendel, éditeur, 118 Rue d'Assas. Prix 3 francs.

Auerbach, Felix, Die Weltherrin und ihr Schatten. Ein Vortrag über Energie und Entropie. gr. 8. IV u. 56 S. 1902. Jena, Gustav Fischer. M. 1.50.

Fitzgerald, Professor, scientific writings 1902. Dublin, University Press Office.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1901. Dargestellt von der Deutschen physikalischen Gesellschaft. Siebenundfünfzigster Jahrgang. Dritte Abteilung. Enthaltend kosmische Physik. Redigiert von Richard Assmann. gr. 8. LVIII u. 610 S. 1902. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. M. 24.—

Handbuch der Elektrotechnik, herausgegeben von C. Heinke. Band I. 1. Abteilung. Heinke und Ebert, Die Elektrophysik und die Theorie des Elektromagnetismus. 1. Abteilung: Die Entwickelung der Elektrophysik. Die Hilfsvorstellungen der Elektrophysik. Elektrische Spannungserregung und dielektrische Erscheinungen. Bearbeitet von C. Heinke. Mit 77 Abbildungen. 4. XIV u. 408 S. 1902. Leipzig, S. Hirzel. Gebunden M. 18.—.

Kayser, H., Handbuch der Spectroscopie. Zweiter Band. Mit 4 Tafeln und 57 Figuren. kl. 4. XI u. 696 S. 1902. Leipzig, S. Hirzel. M. 40.—. Gebunden M. 44.—.

Pauli, Wolfgang, Der kolloidale Zustand und die Vorgänge in der lebendigen Substanz. Vorgetragen in der morphologisch-physiologischen Gesellschaft am 13. Mai 1902. kl. 8. 32 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. M. —.60.

Roloff, Max, Elektrische Fernschnellbahnen. Eine kritische Skizze. Mit sechzehn Abbildungen. gr. 8. IV u. 67 S. 1902. Halle a. S., Gebauer-Schwetschke, Druckerei und Verlag m. b. H. M. 1.35.

— Die Theorie der elektrolytischen Dissociation. gr. 8. IV u 84 S. 1902. Berlin, Julius Springer. M. 2.—.

Stark, Johannes, Die Elektrizität in Gasen. Mit 144 Abbildungen. gr. 8. XXVIII u. 509 S. 1902. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. M. 12.—, gebunden M. 13.—.

Vogel, E., Taschenbuch der praktischen Photographie. Ein Leitfaden für Anfänger und Fortgeschrittene. Zehnte Auflage. (26.—30. Tausend.) Bearbeitet von Paul Hannecke. Herausgeber der Photographischen Mitteilungen. Mit 74 Abbildungen und 9 Tafeln. 16. VIII u. 321 S. 1902. Berlin, Gustav Schmidt. M. 2.50.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Dr. C. H. Wind, Lektor der physikalischen Chemie und mathematischen Physik an der Universität zu Groningen, der im Mai d. J. einen Ruf als o. Professor der mathematischen Physik an der Universität Utrecht an Stelle des verstorbenen Professors V. A. Julius abgelehnt hatte, wurde zum Hauptdirektor des Königl. Niederländ. Meteorologischen Instituts zu De Bilt, der frühere a. o. Professor an der Universität Berlin Dr. H. E. J. G. du Bois zum o. Professor der mathematischen Physik an der Universität Utrecht, der Privatdozent an der Technischen Hochschule in Wien Wilhelm Suida zum o. Professor der chemischen Technologie organischer Stoffe an der genannten Hochschule, der a. o. Professor Dr. Max Wolf in Heidelberg zum o. Professor der Astro- und Geophysik und zum Vorstande der Sternwarte, der Privatdozent der Maschinenbaukunde an der Technischen Hochschule Darmstadt Camerer zum a. o. Professor an der Technischen Hochschule München ernannt.

An der Universität Bonn habilitierte sich Dr. Heinrich Konen für Physik, bei der philosophischen Fakultät der Universität Berlin Dr. Leopold Spiegel für Chemie, an der Universität Bonn Dr. Konrad Laar für Chemie, an der Universität Marburg der Assistent am Physikalischen Institut Dr. F. A. Schulz für Physik, an der deutschen Technischen Hochschule Prag Dr. W. Gintl für analytische Chemie.

Der a. o. Professor der Chemie an der Universität München Hofmann lehnte den Ruf als o. Professor an der Universität Basel ab.

Dem Privatdozenten der Chemie an der Universität zu Breslau Dr. Max Scholtz ist das Prädikat „Professor" beigelegt worden.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 23. | 1. September 1902. Redaktionsschluss für No. 24 am 3. September 1902. | 3. Jahrgang.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Wärmetönung von festem und flüssigem Naphtalin in verschiedenen Lösungsmitteln.

Von Carl Forch.

Nachdem Vorversuche ergeben hatten, dass die Lösungswärme von Naphtalin in Schwefelkohlenstoff bei Zimmertemperatur von der Konzentration der entstehenden Lösung in weiten Grenzen (von 1/2 Proz. bis 14 Proz.) so gut wie unabhängig ist, und ihr zahlenmässiger Betrag bis auf die den vorläufigen Versuchen anhaftenden Beobachtungsfehler mit den von Alluard[1]) und Pickering[2]) angegebenen Werten der Schmelzwärme des Naphtalins übereinstimmt, entstand von selbst die weitere Frage, ob beim Vermischen von flüssigem Naphtalin mit beliebigen organischen Lösungsmitteln noch eine Wärmetönung auftrete.

Als Kalorimeter diente ein unten geschlossenes Stück Messingrohr. In dem doppelt durchbohrten Verschlusskork sass neben dem Thermometer ein dünnwandiges unten geschlossenes Glasröhrchen, welches das Naphtalin enthielt. Nachdem der Wärmeaustausch zwischen dem Lösungsmittel und dem Naphtalin eingetreten war, erfolgte die Mischung, indem das Glasrohr durch Aufstossen gegen den Boden des Kalorimeters zertrümmert wurde. Das letztere befand sich in einem Becherglas, das als Luftmantel diente. Dieses stand seinerseits wieder in einem entsprechend temperierten Wasserbad. Es liess sich so bei einfachen Hilfsmitteln eine genügende Temperaturkonstanz leicht erreichen. — Der Wasserwert des Kalorimeters samt Thermometer und Glasröhrchen betrug etwa 6,5 bis 7 g Kal.

Als Lösungsmittel wurden wegen ihres relativ hohen Siedepunktes Toluol und Amylacetat gewählt.

1) Lieb. Ann. **118**, 150, 1860; Fortschr. d. Phys. 1859.
2) Proc. Roy. Soc. **49**, 11, 1891; Fortschr. d. Phys. 1891.

Versuche.

In	wurde gelöst:	Anfangs- Temperatur	End- Temperatur	Temperaturänderung für je 1 g Naphtalin
Toluol 23,3 g	Naphtalin 2,7 g fest	74,0°	67,5°	—2,40°
	weitere 3,3 g fest	71,5°	63,7°	—2,36°
Amylacetat 21,3 g	2,5 g fest	73,5°	68,0°	—2,2°
	weitere 1,9 g fest	78,5°	74,5°	—2,1°
Amylacetat 20,5 g	3,2 g flüssig	81,0°	80,2°	—0,25°
	weitere 3,4 g flüssig	82,3°	81,4°	—0,26°
	3,1 „ „	80,8°	79,7°	—0,35°
Toluol 26,9 g	2,5 g flüssig	81,3°	81,0°	—0,12°
	weitere 3,4 g flüssig	80,0°	79,8°	—0,06°
	3,1 „ „	85,2°	85,4°	+0,06°

Während bei der Lösung von flüssigem Naphtalin in Amylacetat noch eine merkliche Wärmetönung auftritt, ist dieselbe für die Lösung in Toluol fast ganz verschwunden. — Eingehendere, bereits begonnene Versuche sollen die Frage entscheiden, ob bei verschiedenen Lösungsmitteln ein Unterschied in der Wärmetönung für Naphtalin, wie er in den vorstehenden Zahlen angedeutet ist, auftritt.

Darmstadt, phys. Inst. d. Tech. Hochschule.

(Eingegangen 31. Juli 1902.)

Spektra der Entladungen in Flüssigkeiten.

Von P. Konen.

Die Spektra, die auftreten, wenn Entladungen durch Flüssigkeiten gehen, sind wiederholt[1]),

1) Vergl. Kayser, Handbuch der Spektroskopie **1**, 172.

ebenso wie die dabei auftretenden chemischen Vorgänge[1]) geprüft worden, ohne dass jedoch eingehendere oder ins Ultraviolett reichende Untersuchungen ausgeführt worden waren. Nur für Funkenentladungen zwischen Metallelektroden liegen die merkwürdigen Ergebnisse vor, die von Wilsing[2]) und in neuester Zeit von Hale[3]) und Lockyer[4]) erzielt wurden. Die beiden letzten Arbeiten lernte ich erst nach Beendigung der meinigen kennen.

Untersucht wurden die Spektra, die auftreten, entweder wenn man den Bogen zwischen Metall- oder Kohleelektroden in verschiedenartigen Flüssigkeiten brennen lässt, oder wenn Büschelentladungen, oder endlich, wenn Funkenentladungen in Flüssigkeiten erzeugt werden.

Den Ausgangspunkt bildete die Absicht, ein bequemes Hilfsmittel zur Erzeugung lichtstarker Bandenspektren ausfindig zu machen und zu prüfen, ob die Methode der Flüssigkeitsentladungen in Fragen, die die Herkunft der Bandenspektren betreffen, verwendbarer sei, als die bisher benutzten Entladungen in Geisslerröhren oder in Gasen von Atmosphärendruck. Nach beiden Richtungen erfüllte die Methode nur teilweise die Hoffnungen, die man a priori auf sie setzen könnte.

Die entstehenden Spektren wurden mit einem kleinen Rowlandschen Konkavgitter von 1 m Krümmungsradius auf Films photographiert.

Als Lichtquelle diente zunächst der Bogen, den man zwischen Metallelektroden oder reinen oder präparierten Kohleelektroden in Flüssigkeiten hervorrufen kann. Als solche dienten: destilliertes Wasser, Salzlösungen verschiedener Konzentration und Zusammensetzung, Ammoniak, verdünnte Säuren, Alkohol, Terpentinöl, Tetrachlorkohlenstoff, Anilin, Petroleum, Glycerin, Schwefelkohlenstoff, Benzol.

Neue Bandenspektren wurden nicht beobachtet. Neben einem kontinuierlichen Spektrum, das bei Metallelektroden am schwächsten war, erschienen regelmässig die beiden Linien 3934 und 3969 des Ca, ausserdem meistens die Aluminiumlinien 3944 und 3962, sowie weitere Teile des Ca-Spektrums von verschiedener Ausdehnung, endlich auch die Na-Linien und zwar die letzteren dunkel auf hellem Grunde, während die anderen Linien hell resp. selbst umgekehrt waren.

Von Metallspektren wurden geprüft diejenigen von Fe, Cu, Zn, St, Ca, Ba, Na, K, Li, Tl. Die Metalle wurden entweder als stabförmige Elektroden oder als Salze verwendet. Im letzteren Falle wurde eine durchbohrte Kohle benutzt oder der Bogen in der betreffenden Salzlösung gebrannt.

Soweit die Dispersion des kleinen Gitters ein Urteil zulässt, traten keine Linienverschiebungen ein. Die Linien der Metalle waren eben so scharf oder schärfer als in Luft; die Zahl der Umkehrungen geringer. Dagegen zeigten sich ähnlich wie in den von Crew[1]), Basquin[2]) und Porter[3]) am Luftbogen beobachteten Fällen erhebliche Intensitätsunterschiede gegen den in Luft brennenden Bogen. Einzelne Linien haben verminderte oder relativ erhöhte Intensität; andere fehlen gänzlich.

Die Natur der umgebenden Flüssigkeit ist von geringem Einfluss auf das Spektrum des Bogens, was die Metalllinien anlangt. Dies gilt selbst für Salzlösungen. Am empfindlichsten sind Kohlestäbe. Trotzdem kann man in einer mehrprozentigen Lithiumlösung das Bogenspektrum photographieren, ohne Lithiumlinien zu erhalten. In konzentrierten Lösungen von $CaCl_2$ und $BaCl_2$ erschienen zwar die stärksten Linien des Baryums resp. des Calciums, allein sie waren verhältnismässig schwach.

Ausschlaggebend ist vor allem die Natur der Elektroden. Man erhält daher die gewünschten Spektren, wenn man die Kohlen imprägniert, oder Metallstäbe nimmt.

Im Gegensatz zu den Linienspektren werden die im Kohlebogen auftretenden Bandenspektren der Kohle durch die umgebende Flüssigkeit wesentlich beeinflusst.

In reinem Wasser, Salzlösungen, Alkohol, Terpentinöl, Glycerin, CCl_4 fehlen die „Cyan"-banden. Kleine Mengen von Luft genügen jedoch schon, um die Bande 3883 spurenweise erscheinen zu lassen. In Ammoniak oder nach Einblasen von Luft oder Stickstoff entwickelt sich das Cyanspektrum. Es wird somit die herrschende Ansicht bestätigt, dass das Cyanspektrum einer Stickstoffverbindung der Kohle zukommt.

Weiterhin wurde dann das Swanspektrum untersucht, mit besonderer Rücksicht auf die neuerdings von Stokes, Smithells[4]) und Baly und Syers[5]) verfochtene Ansicht, dass das Swan-Spektrum einer Sauerstoffverbindung der Kohle und zwar dem Kohlenoxyd, das bisher Kohlenoxyd genannte Spektrum dem Kohlendioxyd zukomme. Versteht man unter dem Swan-Spektrum dasjenige Bandenspektrum,

1) B. Lepsius, Chem. Ber. **23**, 1418, 1642, 1890. J. Bredig, Zs. Elektrochemie **4**, 514, (1898.) W. Löb, ib. 1902. Sep. — Chem. Ber. **34**, 915 1901 u. a.
2) J. Wilsing, Berl. Ber. 426, 750. 1899
3) G. E. Hale, Astrophys. J. **15**, 132—135, 1901.
4) J. N. Lockyer, ib. **15**, 190—198, 1902. — Proc. Roy. Soc. **70**, 31—37, 1902.

1) H. Crew, Astrophys. J. **12**, 167—175 1900.
2) O. H. Basquin, Astrophys. J. **14**, 1—16 1901.
3) R. S. Porter, Astrophys. ü. **15**, 274—282 (1902.)
4) A. Smithells, Phil. Mag. 1 (6), 478, 1900.
5) E. C. Baly und H. W. Syers, Phil. Mag. **2** (6), 386—391 1901.

das seine Hauptkanten bei 4382, 4738, 5164, 5633, 6187 besitzt, so zeigte sich das Swanspektrum nicht nur, wenn der Kohlebogen in Wasser, in Alkohol, in Glycerin, in Terpentinöl, und in Ammoniak brannte, sondern es gelang auch in Petroleum, in Anilin, in Tetrachlorkohlenstoff und in Schwefelkohlenstoff die Banden des in Rede stehenden Spektrums photographisch aufzunehmen. Die Elektroden wurden im letzten Falle im Vakuum geglüht, dann unter Abschluss der Luft mit der zu prüfenden, möglichst gereinigten Flüssigkeit getränkt und endlich durch Brennen des Bogens in derselben Flüssigkeit mit einer festen, graphitähnlichen Schicht überzogen, deren Dicke während des Versuches beständig zunahm.

Da es nun unmöglich ist, irgend eine Flüssigkeit oder irgend einen Körper so zu reinigen, dass nicht Spuren von Sauerstoff noch anwesend sind, so wird man in den genannten Versuchen kein Hindernis für die Stokes-Smithellssche Theorie erblicken können, wofern man annimmt, dass der Kohlebogen gegen die geringsten Mengen Sauerstoff empfindlich ist. Obwohl nun das sonstige Verhalten des Bogens durchaus nicht zu Gunsten der letzteren Meinung spricht, wird man, scheint es mir, vom Standpunkte einer vorsichtigen Kritik sich eines bestimmten Schlusses auf den Ursprung des Swanspektrums enthalten müssen, trotz der Vorteile, die der Flüssigkeitsbogen vor anderen Methoden voraus hat. Von demselben Standpunkte aus sind dann aber auch alle bisherigen Versuche, schon ihrer Methode wegen, für die die gegen den Flüssigkeitsbogen vorgebrachten Gründe in verstärktem Masse gelten, von vornherein als nicht beweiskräftig abzulehnen und es bleibt nur übrig, zur endlichen Entscheidung der alten Streitfrage mehr indirekte Wege einzuschlagen.

In Übereinstimmung mit den beim Flüssigkeitsbogen beobachteten Erscheinungen standen diejenigen, welche die Büschelentladungen boten. Dieselben wurden mit verschiedenen Induktionsapparaten bis zu 1 m Schlagweite in den bereits genannten Flüssigkeiten hervorgerufen, soweit dies gelang. Die Elektroden waren aus verschiedenen Metallen angefertigt. Meistens wurden zwei Platinelektroden verwendet, von denen die eine bis zur Spitze in Glas eingeschmolzen war. Die Spektren der Büschel waren zu lichtschwach, um mit dem Gitter photographiert werden zu können. Ich musste mich auf Okularbeobachtungen beschränken. Linien des Elektrodenmetalls wurden nicht bemerkt, dagegen war die Zusammensetzung der Flüssigkeit entscheidend.

In destilliertem und gewöhnlichem Wasser erschienen die Natrium- und Wasserstofflinien. In stärkeren Salzlösungen traten keine Büschel auf. In Alkohol sieht man neben den D-Linien und den Linien des Wasserstoffs sehr schön das Swan-Spektrum. Dasselbe findet man in Äther und in Glycerin.

Benutzt man nunmehr eine nicht kondensierte Funkenentladung, so erhält man neben einem hellen kontinuierlichen Spektrum und den von der Flüssigkeit herrührenden Bestandteilen des Spektrums auch Linien des Elektrodenmetalls. In allen kohlenstoffhaltigen Flüssigkeiten tritt ausserdem das Swan-Spektrum auf. Geht man endlich zu kondensierten Funken über, so zeigen sich die schon von Wilsing beobachteten Erscheinungen und der ganze Vorgang geht mit explosionsartiger Heftigkeit vor sich.

Mit Kohleelektroden erhielt ich in verschiedenen Flüssigkeiten nur ein kontinuierliches Spektrum, keine Banden. Mit Aluminium- und mit Kupferelektroden zeigen sich neben den Metalllinien auch die Wasserbanden und zwar dunkel auf hellem Grunde. Ein Teil der Metalllinien ist umgekehrt und verschoben, nach Rot hin. Im Kupferspektrum sind z. B. nur die Linien 3244 und 3274 umgekehrt, andere sind einseitig verbreitert, verstärkt oder geschwächt, oder fehlen gar. Der von Hale unter Verwendung von Wechselstrom nachgewiesene umkehrende Effekt von Salzlösungen und insbesondere von $BaCl_2$-Lösung, konnte nicht an den Entladungen des Induktoriums von 1 m Schlagweite beobachtet werden, das mit Gleichstrom und Quecksilberunterbrecher betrieben wurde. Die kompliziertesten Erscheinungen zeigte das Eisenspektrum. Hier finden sich alle Modifikationen, wie Umkehrungen, Verschiebungen, einseitige Verbreiterungen und Intensitätsänderungen gleichzeitig. Ich behalte mir vor, auf das Detail dieser Änderungen an anderer Stelle ausführlicher einzugehen.

(Eingegangen 31. Juli 1902.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa. (Direktor: A. Battelli.)

No. 12: A. Battelli und L. Magri, Über oszillatorische Entladungen (I. Teil).

Allgemeine Beschreibung der Methode.

Das Problem der oszillatorischen Entladung hat durch die bisherigen, teils theoretischen, teils experimentellen Untersuchungen keine vollständige Lösung gefunden. Denn dieses Problem wird durch verschiedene Umstände schwierig gemacht, z. B. durch das Verhalten des Dielektrikums, das zwischen die Belegungen des Kondensators eingeschoben ist, durch die Gegenwart des Funkens und die Veränderlichkeit seines Widerstandes während der verschiedenen Mo-

mente der Entladung, durch die ungleiche Verteilung der Entladung in dem Querschnitte des Konduktors u. s. w. Man hat diese Umstände entweder nicht in Rechnung gezogen, oder man hat sie sowohl in theoretischen wie auch in experimentellen Untersuchungen ohne Rücksicht auf ihren Zusammenhang geprüft. Auch die Verteilung der vorhandenen Energie in den verschiedenen Teilen des Entladungsstromkreises ist noch nicht systematisch und mit Bezug auf die Oszillationsperiode untersucht worden. Wir haben deshalb das Phänomen einer allgemeinen und systematischen Prüfung unterworfen und haben in ein und dieselbe experimentelle Anordnung Apparate eingestellt, die uns gestatten, die Oszillationsperiode, die bei Beginn der Entladung vorhandene Energie, die thatsächlich entladene Elektrizitätsmenge, und die in Gestalt von Wärme in den verschiedenen Teilen des Stromkreises zerstreute Energie zu messen.

1. Messung der Oszillationsperiode.

A. Überblick über frühere Untersuchungen. Die Untersuchungen, die man vorgenommen hat, um die wohlbekannte W. Thomsonsche Formel zu beweisen (für die Oszillationsperiode T in einem Stromkreis mit der Kapazität C, der Selbstinduktion L und dem Widerstand R ist die Grösse von T

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}},$$

sind auf zweierlei Weise geführt worden, einmal indem man den Funken photographierte, wie Feddersen zuerst angab, oder indem man die Kurve bestimmte, welche die Veränderung des Stromes der Ladung oder der Entladung eines Kondensators als Funktion der Zeit darstellt. Nach ersterer Methode wurden ausser den Versuchen von Feddersen[1]) und Lorenz[2]) kürzlich sehr genaue Messungen von Trowbridge und Sabine[3]) und von Lodge und Glazebrook[4]) mit einem Luftkondensator und von Miesler[5]) mit Leydenerflaschen ausgeführt, durch welche sämtlich die Thomsonsche Formel hinreichend bewiesen wurde.

Unter den sorgfältigsten Untersuchungen, die nach der zweiten Methode unternommen worden sind, müssen die Arbeiten von Hiecke[6]), Wulf[7]), Tollquist[8]), Seiler[9]) und von Webster[10]) genannt werden, die sich spezieller Unterbrecher in Pendelform oder in der Form eines fallenden Gewichtes bedienten, auch von ihnen wurde die Thomsonsche Formel als übereinstimmend mit den experimentellen Ergebnissen anerkannt.

Aber wie genau und wichtig diese Untersuchungen auch sind, so muss man doch den Einwand erheben, dass sie sämtlich — mit Ausnahme der Mieslerschen Arbeit — sich auf besondere Einzelfälle beziehen, und folglich als vollständige Beweise der Theorie nicht zu verwenden sind. Die Mieslerschen Untersuchungen lassen aber Zweifel aufkommen an der Genauigkeit der erhaltenen Werte wegen der Unsicherheiten, die die Messungen der Zeit und der Photographien der Funken aufweisen. Sehr gut sind die Messungen nach der Methode der Ladungs- und Entladungskurven, aber mit ihnen hat man keine sehr kurzen Perioden erlangt. Es schien uns also angezeigt, über eine so wichtige Frage neue und ausgedehntere Untersuchungen anzustellen.

Von beiden obengenannten Methoden nähert sich die zweite, bei der keine Funken in den Stromkreis eingeführt werden, am meisten den theoretischen Bedingungen, die dazu dienten, die zu beweisende Formel aufzustellen; aber abgesehen von der Schwierigkeit, welche eine genaue Messung der Zeit verursacht und ihrer Unanwendbarkeit auf Messungen von sehr kurzen Perioden, bezieht sie sich nicht auf die Fälle, die die grössere praktische Bedeutung besitzen, bei denen sich gerade auch im Stromkreis der Funken zeigt.

Wir wählten deshalb für unsere Untersuchungen die Methode der Photographie des Funkens mit einem rotierenden Spiegel; bei Berücksichtigung aller in Betracht kommender Umstände führt er zu sehr genauen Messungen auch kurzer, z. B. weniger Millionstel Sekunden langer Perioden.

B. Methode und benutzte Apparate bei unseren Untersuchungen für die experimentelle Messung von T. Bei der von uns gewählten Methode der Funkenphotographie verwenden wir einen ebenen Spiegel, der durch eine besondere, eigens zu diesen Zweck vom Institutsmechaniker konstruierte Turbine bewegt wird, von der Fig. 1 ein Bild giebt; in ihren wesentlichen Teilen gleicht sie der Foucaultschen. Um sie in Gang zu setzen, verwendeten wir erst stark überhitzten Wasserdampf; später fanden wir es bequemer, einen auf 6 Atmosphären komprimierten Luftstrahl der aus einem grossen Behälter geliefert wird, zu benutzen. Die komprimierte Luft muss absolut frei von jedem Staubkörnchen und jedweder anderen Unreinheit durch Filtration durch mehrere dichte metallische Netzschichten geworden sein; sie strömt in die Kammer PP ein, strömt dann

1) Pogg. Ann. **103**, 69, 1858; **108**, 297, 1859; **113**, 437, 1861; **116**, 132, 1862.
2) Wied. Ann. **7**, 161, 1879.
3) Phil. Mag. (5) **30**, 323, 1890.
4) Cambr. Phil. Trans. **18**, 136, 1899.
5) Wien. Ber. **99**, IIa, 579, 1890.
6) Wien. Ber. **96**, IIa, 134, 1887.
7) Wien. Ber. **105**, IIa, 667, 1896.
8) Wied. Ann. **60**, 248, 1897.
9) Wied. Ann. **61**, 30, 1897.
10) Phys. Rew. **6**, 297, 1898.

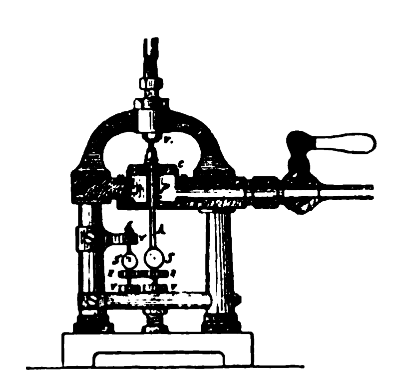


Fig. 1.

durch zwei Öffnungen aus und trifft dann auf den Kranz *C* von kleinen Schaufeln, der zusammen mit dem Stahlspiegel *S* und dem Zahnrad *R* von der Achse *A* gehalten wird. In dieses Rad *R* greift ein anderes, gleiches Rad R^1 ein, das von der Achse A^1 gehalten wird, auf welcher der Spiegel S^1 befestigt ist. Die Achsen werden durch die Regulierschrauben *VV*, V^1V^1 gehalten, die in ihrer ganzen Länge durchbohrt sind und unten gleichfalls durchbohrte Saphirscheiben tragen, um eine andauernde Ölung zu ermöglichen. Von dieser Ölung ist der Gang der Turbine sehr abhängig; zu wenig Öl lässt die Reibung zu gross werden; kommt zu viel Öl, so dringt es zwischen die bewegliche Scheibe und das Verteilungskästchen.

Das von einem photographischen Objektiv gegebene Bild des Funkens wird vom ersten Spiegel auf den zweiten und von diesem auf die photographische Platte reflektiert, mit doppelter Geschwindigkeit als bei Anwendung eines einzigen Spiegels. Doch haben wir bei diesen Versuchen nur den Spiegel *S* benutzt.

Die Drehungsgeschwindigkeit der Turbine wird mittels eines Rosshaares gemessen, welches auf der Achse *A* befestigt ist, und bei jeder Drehung ein Zeichen auf einen mit berusstem Papier bedeckten Messingcylinder macht; auf diesen zeichnet auch eine elektromagnetische Stimmgabel mit genau bekannter Periode ihre Kurve. Eine geeignete Einstellung des Uhrwerks lässt den Cylinder im gewünschten Moment eine einzige Drehung mit ausreichend konstanter Geschwindigkeit ausführen.

Fig. 2 zeigt die Turbine mit dem drehbaren Cylinder und der Stimmgabel.

An den Säulen der Turbine sind zwei starke Eisenstützen angebracht, auf denen der Rahmen befestigt ist, der die photographische Platte 3×12 cm trägt.

Der Funken, der photographiert werden soll, entsteht in *A* im Innern eines Holzkastens (Fig. 3), der die Ausstrahlung verhindert; das Licht dieses Funkens geht durch das Loch *O*,

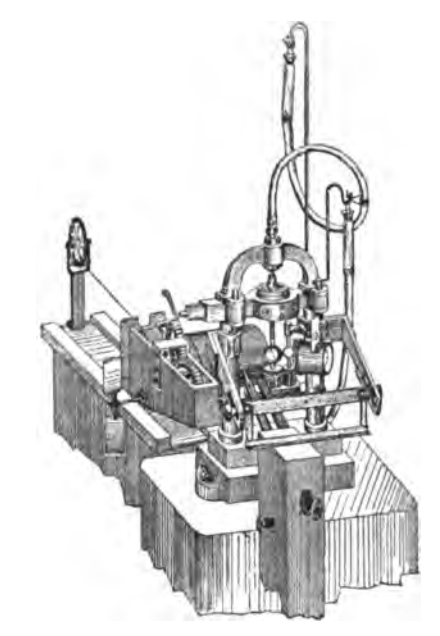


Fig. 2.

das durch einen pneumatischen Verschluss geöffnet und geschlossen wird, und gelangt zu dem Objektiv, Zeiss-Astigmat *L*. Das durch *L* entstandene Bild, wird bei geeigneter Stellung des rotierenden Spiegels *S* auf die photographischen Platte *F* reflektiert.

Die Versuche verliefen folgendermassen. War der Luftdruck im Behälter auf 5 oder 6 Atmosphären gestiegen, so wurde die elektromagnetische Stimmgabel erregt und die photographische Platte auf ihren Rahmen gebracht; nun beginnt die komprimierte Luft in die Turbine zu strömen, welcher Vorgang durch einen Hahn reguliert wird, mit dessen Hilfe man die Geschwindigkeit bis zu der gewünschten Grösse langsam und regelmässig steigen lassen kann: der Vergleich zwischen dem Ton, den die Bewegung der Achse verursacht und dem der Stimmgabel gestattet schätzungsweise ein Urteil darüber, ob die gewünschte Schnelligkeit erreicht ist oder nicht. Gewöhnlich war die Geschwindigkeit so gross, dass der der Turbine eigentümliche Ton schon die Grenze der Wahr-

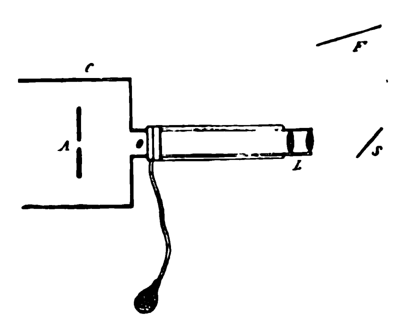


Fig. 3.

nehmbarkeit überschritten hatte, und dass man nur den Ton der Achse hörte, aus dessen Konstanz (die man durch Vergleich mit dem Ton der Stimmgabel, mit der sie nahezu unisono tönt, leicht kontrollieren kann), sich die Gleichförmigkeit der Bewegung beurteilen lässt.

Ist diese Gleichförmigkeit erreicht, so lässt man die Entladungen zwischen den Kugeln des Funkenmessers vor sich gehen; sowie man auf der Scheibe *F* das vom Spiegel reflektierte Bild eines Funkens bemerkt, schliesst man den Verschluss und setzt den mit geschwärztem Papier umhüllten Cylinder in Bewegung, auf den die Achse der Turbine und die Spitze der Stimmgabel die betreffenden graphischen Aufzeichnungen machen, aus denen man die Geschwindigkeit des Spiegels erfährt.

Im allgemeinen machten wir 6 oder 7 Photographien für jede Oszillationsperiode und für jede Schlagweite.

Die Bestimmung der Entfernung zwischen den Bildern der verschiedenen elementaren Fünkchen, die die Entladung zusammensetzen, geschah mittels eines Fromentschen Komparators, dessen Nonius, der mit einem mit Netzwerk versehenen Okular abgelesen wurde, $^1/_{100}$ mm zu messen gestattete. Die Messung wurde viermal auf jeder Platte gemacht: zweimal indem letztere in einer Richtung und zweimal indem sie in der entgegengesetzten bewegt wurde; dann nahmen wir das Mittel der Messungen für die Funken, welche die positive Strahlung an der oberen Elektrode, und für die, welche sie an der unteren Elektrode zeigen; doch unterliessen wir es, die letzten Fünkchen zu messen, welche aus Mangel an Lichtstärke zu unsichere Bilder gaben.

Aus diesen, auf den Kreisbogen bezogenen Messungen, und aus der Messung der Drehungsgeschwindigkeit des Spiegels kann man leicht die Grösse der Oszillationsperiode *T* der Entladung entnehmen. Tabelle I enthält die Resultate der Messungen für je eine der längsten, eine mittlere, und eine der kürzesten von uns gemessenen Perioden; aus Raumersparnis geben wir nur Maximum und Minimum der experimentellen Grössen, aus denen wir das Mittel berechnet haben.

Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, dass auch bei den grössten Messungsschwierigkeiten der Irrtum, den man in der Bewertung der Periode begehen kann, 2 Proz. nicht erreicht, und dass für nicht sehr kurze Perioden eine noch grössere Genauigkeit möglich ist.

Wir glauben nicht, dass gegenwärtig grössere Präzision erreichbar ist, als die uns geglückte, und werden an passender Stelle unsere Gründe hierfür aussprechen.

Wollen wir nun die experimentelle Grösse mit der theoretischen vergleichen, die man für die Periode aus der Thomsonschen Formel gewinnt, so muss man die Grösse der Kapazität, der Selbstinduktion und des Widerstandes des Stromkreises der Entladung mit der gleichen Genauigkeit ermitteln. Wir haben sie auf folgende Weise gewonnen.

C. Kapazität, Widerstand und Selbstinduktion des Stromkreises.

a) Kondensator. Um Störungen zu beseitigen, die das Eindringen der Ladung verursacht, mussten wir einen Luftkondensator benutzen, den wir für diese Versuche eigens gebaut haben. Er besteht aus 70 ebenen Platten aus Spiegelglas, 70 × 35 cm gross, die 0,7 bis 1 cm dick und auf beiden Seiten bis 3,5 cm ringsum vom Rande entfernt, mit Stanniol bedeckt sind. Die metallischen Belegungen haben also die Grössen von 63 × 28 cm; die auf beiden Seiten ein und derselben Platte liegenden Stanniolblätter sind miteinander verbunden.

Die 70 Scheiben sind in zwei Batterien, jede von 35 Platten geordnet, und sind durch kleine Glasprismen voneinander getrennt, die genau in den gleichen Dimensionen gewählt werden und sich auf die nicht mit Stanniol bedeckten Teile stützen. Die mittlere Entfernung zwischen den Belegen beträgt 0,73 für den ersten und 0,738 cm für den zweiten Kondensator.

b) Messung der Kapazität. Aus den oben angegebenen Massen würde man nach der bekannten Formel von Maxwell für die theoretische Kapazität unserer Kondensatoren die Grössen von 6533 resp. 6576 cm erhalten. Aber aus Versuchen, die Dr. Gragnani in unserem Institut vorgenommen, aber noch nicht veröffentlicht hat, geht hervor, dass für Kondensatoren

Tabelle I.

Entladungskreis, seine Selbstinduktion und gesamte Kapazität	Schlagweite	Experimentelle Grössen der Periode			Zahl der Messungen	Theoretische Grösse
		Maximum	Minimum	Mittel		
Grosse, auf Marmor gewickelte Spirale $L = 4546000$ cm, $C = 14175$ cm	2 mm	$54{,}44 \times 10^{-6}$	$52{,}96 \times 10^{-6}$	$53{,}76 \times 10^{-6}$	12	$53{,}17 \times 10^{-6}$
Kleine, auf Ebonit gewickelte Spirale $L = 57797$ cm, $C = 3568$ cm	2 „	$3{,}173 \times 10^{-6}$	$2{,}904 \times 10^{-6}$	$3{,}024 \times 10^{-6}$	16	$3{,}008 \times 10^{-6}$
Kupferkreis $L = 9242$ cm, $C = 3568$ cm	5 „	$1{,}232 \times 10^{-6}$	$1{,}189 \times 10^{-6}$	$1{,}212 \times 10^{-6}$	14	$1{,}201 \times 10^{-6}$

in den Dimensionen des unsrigen die Formel nicht stimmt; und da sich andere Unsicherheiten aus der Dicke des Glases auf dem die Stanniolblätter geordnet sind, aus einem möglichen Mangel an Parallelismus zwischen den Belegungen und aus dem Einfluss, den die Nähe der Wände und des Fussbodens des Zimmers ausübt, ergeben können, so haben wir die Kapazität unseres Kondensators zuerst durch Vergleich mit einem Normalmass und dann durch experimentelle Bestimmung der absoluten Grösse gemessen.

1. Der Vergleich ist mit einem Normalmass No. 1099 der Firma Latimer Clark Muhished & Co. (Westminster) vorgenommen, für welchen Professor Roiti[1]), der ihn uns überlassen hat, die Grösse von 0,3359 mikrof. angab; das ergiebt, in die jetzt angenommenen, absoluten Einheiten übertragen, 0,3363 mikrof. Dieser Vergleich, der ausgeführt wurde, indem das Normalmass und unser Kondensator nacheinander durch ein ballistisches Galvanometer entladen wurden, ergab für unsere beiden hintereinander geschalteten Kondensatoren die Grösse von 0,015987 mikrof.

2. Die absolute Messung wurde nach der von J. J. Thomson[2]) vorgeschlagenen Brückenmethode vorgenommen. Die Unterbrechung des Stromkreises wurde durch eine elektromagnetische Stimmgabel ausgeführt, die durch eine andere Stimmgabel im Unisono erregt wurde; sie waren ebenso wie die von Professor Roiti (l. c.) benutzten gebaut. Die Dauer einer vollständigen Oszillation wurde durch Vergleich mit einem Chronometer der Kgl. Marine auf $\frac{1}{126,56}$ Sek. mit einer Genauigkeit von 0,2 aufs Tausend festgestellt.

Die Widerstände der Seiten der Brücke wurden mit der Brücke Elliott No. 1381 mit einem Galvanometer vom Typus Du Bois und Rubens gemessen, mit Spulen von einem Gesamtwiderstand von 87 Ohm, in deren Stromkreis ein Widerstand von 3000 Ohm hinzukommt.

Nach Vornahme der üblichen Verbesserungen für die Temperatur und nach Übertragung der Widerstände der Brücke in internationale Ohm, haben wir durch diese Messungen folgende Grössen erhalten, die uns zuverlässiger scheinen als die theoretischen oder die durch Vergleich mit dem Normalmass gefundenen.

	U. E. (C. G. S.)	Mikrofarad
Für den Kondensator No. 1 . . .	7178	0,007976
Für den Kondensator No. 2 . . .	7096	0,007885
Für die beiden Kondensatoren parallel geschaltet	14175	0,01575
Für die beiden Kondensatoren hintereinander geschaltet	3568	0,003965

1) N. Cim. (3) **21**, 137, 1887.
2) Phil. Trans. of the R. Soc. part. **3**, 707, 1883.

Zu diesen Grössen, die wir in unsere Versuche eingesetzt haben, muss man die Kapazität des Entladungsstromkreises hinzufügen; aber man braucht diese Kapazität, die 97 cm gross befunden wurde, nur dann in Rechnung zu ziehen, wenn der betreffende Stromkreis aus einem Quadrat aus Kupferdraht besteht, der 0,08 cm dick und zusammen 1594 cm lang ist. In allen anderen Fällen kann man sie völlig unbeachtet lassen.

D. Widerstand des metallischen Stromkreises und des Funkens.

α) Prinzip der Methode. In diesen ersten Untersuchungen durfte die Grösse des Widerstandes der von uns benutzten Stromkreise für die Berechnung der Oszillationsperiode nach der Thomsonschen Formel unbeachtet bleiben; die Kenntnis des Widerstandes der metallischen Teile als Vergleichselement ist aber unerlässlich, um den effektiven Widerstand des Funkens daraus zu entnehmen.

Wir massen für diesen Vergleich die Wärmemenge, welche die nämliche Ladung sowohl in dem metallischen Teil wie auch in dem Funken entwickelt, und haben uns dabei besonderer Kalorimeter bedient.

β) Kalorimeter. 1. Kalorimeter mit metallischem Stromkreis. Fig. 4 zeigt einen Kalorimeter von der Art, wie wir solche zur Messung der in den metallischen Teilen des Stromkreises entwickelten Energie benutzt haben.

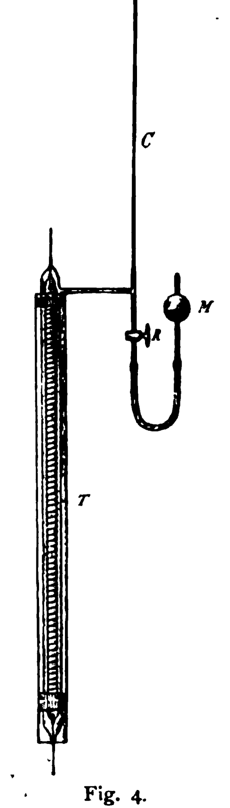


Fig. 4.

Der geradlinige Draht oder die Spirale, durch die hindurch sich der Kondensator entladet, endigt in zwei kurzen Platinfäden, die in den beiden äussersten Enden einer Glasröhre eingeschmolzen sind. An diese Röhre ist in vertikaler Lage die kalibrierte Kapillarröhre C angebracht, die in gleiche Teile geteilt und mit ihrem unteren Ende an eine weitere Röhre angeschmolzen ist; diese ist mit einem Hahn R versehen und mittels Gummiröhre mit dem kleinen Quecksilberbehälter M verbunden. Die ganze Röhre T, das Innere der Röhre, auf die die Spirale gewickelt ist, und ein Teil der Kapillare C ist mit Toluol gefüllt. Lässt man nun das Quecksilber über den Hahn R steigen, so kann man die Höhe des Toluols in der Röhre C regulieren und sein Austreten durch den Hahn verhindern. Um das Kalorimeter

herum ist eine Glashülle gelegt, um den Wärmeaustausch mit der Umgebung gleichmässig zu machen.

In den fünf von uns benutzten Kalorimetern hatten wir Kupferdraht von 0,078 cm Dicke, in dreien hatten wir ihn spiralisch aufgewickelt, in zweien geradlinig gestreckt. Diese Kalorimeter, die wir mit No. 1, 2, 3, 4 und 5 bezeichnen wollen, waren folgendermassen gebaut:

Kalorimeter mit Spiralen . . .	1	2	3
Anzahl der Windungen . . .	220,25	423	102
Länge der Spirale in Centimetern .	36,8	69	15,6
Äusserer Durchmesser der Spirale in Centimetern . .	1,521	1,78	1,64

Kalorimeter mit geradlinigem Drahte	4	5
Länge des Fadens in Centimetern .	100	147

2. Funken-Kalorimeter. Derselbe besteht aus zwei ovoiden Gefässen R und R^1 (Fig. 5),

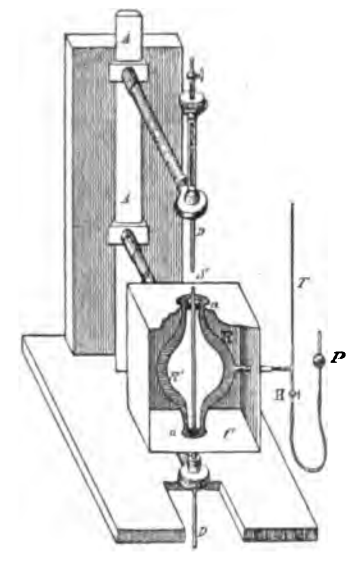


Fig. 5.

von denen eines im andern steht; der Raum zwischen ihnen ist mit Toluol gefüllt, — ebenso die Kapillarröhre T, die mit dem Quecksilberbehälter P verbunden ist. Um das äussere Gefäss R herum ist eine dicke Lage wollenes Tuch gewickelt; das Ganze ist von einem Holzkasten C umgeben, und kann mit Hilfe des Armes NO an der Messingstange A auf und ab verschoben und verschieden hoch festgestellt werden. Dank dieser Anordnung kann man den Funken S in der Luft überspringen lassen, um seine Photographie zu nehmen und kann ihn während der kalorimetrischen Messungen in R^1 gelangen lassen. Guten Verschluss der Oeffnungen $a\,a$ des Kalorimeters erzielt man durch Umkleidung der kleinen Stäbe $D\,D$ des Funkenmessers mit Gummischlauch. Bei dieser Form der Kalorimeter vermeidet man die Unannehmlichkeiten, die bei den Luft-Kalorimetern den explosiven und elektrostatischen Wirkungen des Funkens und jene, die kapillaren Einflüssen zuzuschreiben sind.

γ) Aichung der Kalorimeter. Um in absolutem Mass die in derartigen Kalorimetern entwickelte Energie zu erhalten, haben wir während eines bestimmten Zeitabschnittes einen kontinuierlichen Strom von bekannter Intensität sowohl durch das Metalldraht-Kalorimeter mit bekanntem elektrischen Widerstand, wie auch durch das Funken-Kalorimeter passieren lassen, in welchem die äussersten Enden des Funkenmessers durch eine kleine Spirale von Konstanten mit bekanntem Widerstand verbunden wurde. Die Ablesung an den Toluolsäulen in den Kapillarröhren wurde mit dem Fernrohr und stets nachts vorgenommen. Für jedes Kalorimeter wurde die Zahl der Kalorien C entsprechend einem Teilstrich der Kapillare aus dem Mittel von 3 Serien von Versuchen gewonnen.

Die derart gefundenen Werte sind folgende:

Kalorimeter No.	1	2	3	4
C	0,0668	0,0876	0,0871	0,0399
Funken-Kalorimeter				0,0429.

δ) Der Widerstand der metallischen Teile und seine Unabhängigkeit von der Natur der Ladung. Man weiss, dass man bei geradlinig gestreckten Metalldrähten für den Widerstand R^1 bei Wechströmen von hoher Frequenz, nach Lord Rayleigh die Grösse

$$R^1 = \pi\, a\, R \sqrt{\frac{n\,\mu}{\sigma}}$$

einsetzen kann. a bedeutet den Durchmesser, σ den spezifischen Widerstand, μ die magnetische Permeabilität, R den Widerstand des Drahtes für kontinuierliche Ströme und n die Frequenz die Stromes.

Auf einen in Spiralen gewickelten Stromkreis ist diese Formel jedoch nicht anwendbar; und da eine theoretische Behandlung der Frage fehlt, haben wir Versuche angestellt, um den Widerstand einer Spirale mit dem zu vergleichen, den ein geradlinig gestreckter Draht der gleichen Ladung darbietet. Wir bestimmten die Wärme, die in zwei aufeinander folgenden Teilen eines und desselben Stromkreises entwickelt wird, der aus zwei Kupferdrähten gleichen Durchmessers besteht, von denen aber der eine geradlinig gestreckt, der andere spiralisch aufgewunden ist; zuerst liessen wir einen kontinuierlichen Strom, nachher eine oszillierende Entladung durchgehen. Wir benutzten dabei die oben beschriebenen Metalldraht-Kalorimeter. Aus den für beide

Fälle beobachteten Verschiedenheiten kann man durch eine sehr einfache Berechnung die Beziehung P zwischen dem Widerstand C eines Drahtes in Form einer Spirale und dem eines ebensolchen, aber geradlinig gestreckten Drahtes für Entladungen der üblichen Periode aufstellen. Durch vorhergehende Versuche hatten wir festgestellt, dass die Angaben unserer Kalorimeter weder durch Einwirkungen einer eventuellen dielektrischen Viskosität des Toluols, in welchem die Metalldrähte liegen, noch durch verschiedene Geschwindigkeit des Wärmeaustausches mit der Umgebung bei kontinuierlichen oder Wechselströmen beeinflusst werden. Wir fanden nun stets, dass der effektive Widerstand einer Spirale (Verhältnis zwischen der in derselben entwickelten wärmegebenden Energie und dem mittleren Quadrat der Stromintensität) für elektrische Entladungen grösser ist als der effektive Widerstand, den derselbe, aber geradlinig gestreckte Draht darbietet. Wir führen in folgendem die Abhängigkeit vor, die wir zwischen diesem Verhältnis $\frac{\varrho}{\varrho^1}$ und der Oszillationsperiode T der Entladungen gefunden haben:

Zum Vergleich benutzte Kalorimeter	2 u. 5		1 u. 5		3 u. 4
T	$6{,}7 \times 10^{-6}$	$4{,}3 \times 10^{-6}$	3×10^{-6}	$2{,}2 \times 10^{-6}$	$1{,}7 \times 10^{-6}$
$\frac{\varrho}{\varrho^1}$	1,79	1,96	2,15	2,17	1,84

Bei anderen Spiralen mit mehr oder weniger benachbart liegenden Windungen steigt nach unseren Erfahrungen der Widerstand mit der Zahl der Windungen und der Verringerung ihres Abstandes.

Das lässt vermuten, dass die oszillierenden Ströme sich in den Spiralen in einem an der Oberfläche liegenden Teil des Leiters lokalisieren, der noch enger begrenzt ist, wie bei den geradlinigen Drähten, was sich übrigens auch durch die Wirkungen der gegenseitigen Induktionen zwischen den verschiedenen Windungen vorhersehen lässt.

Eine derartige Lokalisierung beeinflusst auch die Selbstinduktion; aber — wie uns eigens zum Zweck unternommene Versuche gezeigt haben — gegenüber dem Einfluss, den wir für den Widerstand verzeichnet haben, ist dieser Faktor unerheblich. Aus allem diesem geht also hervor, dass man die wirkliche Grösse des Widerstandes unserer Spiralen für eine gegebene Periode T erhält, wenn man die Grösse des Widerstandes $R^1{}_1$, die bei derselben Periode der geradlinig gestrecke Draht aufweisen würde, mit dem Verhältnis $\frac{\varrho}{\varrho^1}$ das wir, wie oben festgestellt, experimentell bestimmt haben, multipliziert.

E. Selbstinduktion. Die theoretische Behandlung in Bezug auf Wechselströme ist auch für die Selbstinduktion nur für einige Formen von ebenen Stromkreisen aufgenommen worden; es fehlt vollständig an Berechnungen für spiralisch aufgerollte Stromkreise, auf welche man weder die Maxwellsche Methode[1]) von der mittleren geometrischen Entfernung, noch die Verfahren von Rayleigh[2]) und von Stefan[3]) anwenden kann.

Will man nun auch diesen Faktor mit der nötigen Genauigkeit berücksichtigen, so muss man bei den auf die Messung der Periode bezüglichen Versuchen folgende Stromkreise benutzen, bei denen die theoretische Grösse der Selbstinduktion bekannt ist:

a) Quadrat aus Kupferdraht: Radius des Drahtdurchschnittes 0,04 cm, Länge der Seite 398,6 cm.

b) Kupferkreise, die aus Draht mit 0,226 cm Radius hergestelt sind:

No. 1 Durchmesser des Kreises 201 cm
„ 2 „ „ „ 57 „

Die Drähte, aus denen diese Stromkreise zusammengestelltsind, werden aufgeeignete Holzrahmen aufgespannt, und so entfernt wie möglich von den Wänden, dem Fussboden und jedem anderen leitenden Körper aufgestellt.

Die Formel nun, die Rayleigh (l. c.) für die die Selbstinduktion L^1 giebt, welche ein ebener Stromkreis von der Länge C und vom Widerstande R bei Strömen hoher Frequenz besitzt, kann man auf die Form bringen:

$$1) \qquad L^1 = L_0 - \frac{l}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{R}{\pi n l}}\right);$$

L_0 ist die Selbstinduktion, die der nämliche Stromkreis bei kontinuierlichen Strömen hat. Für die verschiedenen oben genannten Stromkreise ergiebt sich die Grösse von L_0 aus den Formeln in einer Mascartschen[4]) Abhandlung, aus denen man, durch einfache algebraische Operationen folgendes erhält:

für ein Quadrat vom Umfange l:

$$2) \qquad L_0 = 2\,l\left(\log_e \cdot \frac{l}{r} - 1{,}9103\right)$$

für einen Kreis mit dem Radius a:

$$3) \qquad L_0 = 4\,\pi\,a\left(\log \cdot \frac{8\,a}{r} - 1{,}75\right);$$

r bezeichnet den Radius des Drahtes.

Diese Grössen, welche M. Wien[5]) bis auf 0,1 Proz. übereinstimmend mit denjenigen fand, die er selbst durch genaue Messungen erhalten hatte, gestatten uns, wenn wir sie in (1) einsetzen, die Selbstinduktion zu berechnen, welche

1) Vgl. M. Wien, Wied. Ann. **53**, 928, 1894.
2) Phil. Mag. (5) **21**, 381, 1886.
3) Wied. Ann. **41**, 400 u. 421, 1890.
4) Elektr. et. Magn. Vol. **1**, 630 u. 633, II. Edit.
5) Wied. Ann. **53**, 928, 1894.

die genannten Stromkreise bei jeder Entladungsperiode, deren Funken wir photographiert haben, besitzen.

Auf diese Weise haben wir folgende Grössen erhalten:

Für das Quadrat aus Kupferdraht:

T	$4{,}25 \times 10^{-6}$	$3{,}03 \times 10^{-6}$
L^1	27390 cm	27329 cm.

Für den Kreis No. 1

T	$2{,}35 \times 10^{-6}$	$1{,}67 \times 10^{-6}$	$1{,}20 \times 10^{-6}$
L^1	7829 cm	7824 cm	7810 cm,

Für den Kreis No. 2

T $0{,}7 \times 10^{-6}$
L^1 1768 cm.

Wir benutzten auch zwei Spiralen; eine, A, war auf Ebonit gewickelt, hatte 485 Windungen von 0,08 cm dickem Kupferdraht: die andere, B, war mit 283 Windungen die auf eine Länge von 85 cm verteilt waren, auf einen 98 cm langen, 23,821 cm im Durchmesser dicken Marmorcylinder gewickelt. Der Kupferdraht war 1,435 mm dick. Für diese Spiralen haben wir nach der Methode von Nernst folgende Grössen festgestellt:

Spirale A:	Spirale B:
$L^1 = 57230$	$L^1 = 4546000$

Zu den obengenannten Grössen muss man übrigens stets die Grössen der Selbstinduktion der Stromleiter zwischen Kondensator und Funkenmesser hinzurechnen. Für solche Stromleiter — die entweder Messingröhren oder Kupferplatten sind, erhält man bei Anwendung der von Wien (l. c.) gegebenen Formeln folgende Grössen:

bei Messingröhren

Länge in Centimetern:	90	80	71
L^1 „ „	762	658	567

bei einer 20 cm langen Kupferplatte, $L^1 = 103$ cm.

Sowohl bei den obengenannten Spiralen A und B, wie auch bei denen der Kalorimeter No. 1, 2, 3 haben wir die Selbstinduktion durch Vergleich mit der Selbstinduktion von theoretisch berechenbaren Stromkreisen festgestellt, wobei wir uns des Nernstschen[1]) Differential-Erregers bedienten, wir änderten denselben etwas ab, um das Gleichgewicht in der Mitte zu erhalten, indem wir die beiden Kapazitäten konstant hielten und eine der beiden Selbstinduktionen veränderten. Die veränderliche Selbstinduktion bestand aus einer Spirale aus Kupferdraht, von der man eine beliebige Anzahl von Windungen bei den Versuchen verwenden konnte.

Auf Fig. 6 bedeutet L_2 die Spirale, L_1 den zum Vergleich benutzten Stromkreis, C_1 und C_2 zwei Kondensatoren, R den Prüfer, der aus

1) Wied. Ann. 60, 600, 1897.

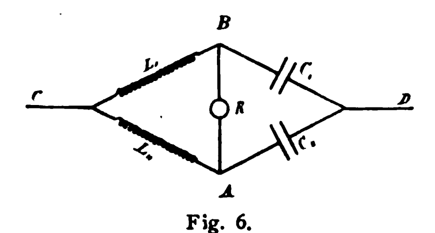


Fig. 6.

einer mit verdünnter Luft gefüllten Röhre mit äusseren Elektroden besteht.

Verbindet man nun die Punkte C und D mit den Elektroden eines Funkenmessers und mit den Polen eines Ruhmkorff, so kann man durch den Differential-Erreger Ströme hindurchgehen lassen, die an Frequenz den von uns photographierten Funken nahekommen. Es ist bekannt, dass die Strahlung im Röhrchen R minimal ist, wenn $L_1 C_1 = L_2 C_2$. Ist diese Bedingung erfüllt, so kann man die Selbstinduktion L_2 der Spirale proportional der Anzahl n_0 der benutzten Windungen annehmen, weshalb, wenn K die Proportionalitätskonstante ist,

$$L_1 C_1 = K n_0 \, C_2.$$

Ist dies geschehen, so ersetzt man den Draht mit der bekannten Selbstinduktion L durch die Spirale, deren Selbstinduktion x gefunden werden soll; beträgt nun die Anzahl von Windungen, die nötig sind, um ein Minimum von Strahlung herzustellen, n, so erhält man:

$$x \, C_1 = K \, n \, C_2,$$

und daher

$$x = \frac{n}{n_0} L_1.$$

Da die von uns benutzten Kondensatoren C_1 und C_2 einander möglichst gleich waren, und da wir die verschiedenen Teile des Stromkreises mit der grössten Sorgfalt vor gegenseitigen und vor äusseren elektrostatischen Einflüssen behütet haben, erreichten wir eine Genauigkeit, bei der wir den aktiven Abschnitt von L_2 (der gewöhnlich aus 70 bis 350 Windungen bestand) nur um eine einzige Windung zu verändern brauchten, um das Gleichgewicht wesentlich zu alterieren.

Wir fanden auf diesem Wege für die Selbstinduktion, welche bei Strömen von hoher Frequenz die von uns benutzten Stromkreise, die die Kalorimeter darstellen, besitzen, folgende Grössen:

Spirale No.	1	2	3	Draht No. 4
L cm	29470	74140	17460	3669.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 15. Juni 1902.)

Über die Dimensionen der Gebilde an der Kathode.

Von Nicolaus Hehl.[1])

(Aus dem Physikalischen Institute der Universität Erlangen.)

Um die Kathode lagert sich eine Reihe von Gebilden, die von E. Goldstein als erste, zweite und dritte Kathodenschicht bezeichnet worden sind. Sie entsprechen den Kanalstrahlen, dem Hittorfschen dunklen Raume und der negativen Glimmlichtschicht. Um die Erscheinungen unter recht einfachen Verhältnissen zu untersuchen, bringt man die Kathoden in eine sehr grosse Flasche, so dass die Wände des Entladungsraumes möglichst ohne Einfluss sind, und benutzt als Stromquelle eine Hochspannungsbatterie.

Einige, freilich nicht sehr eingehende Messungen über die Dimensionen der erwähnten Gebilde hat W. Hittorf[2]) in seinen klassischen Arbeiten über Entladungen mitgeteilt. Er fand, dass mit Zunahme der Stromstärke sich das Glimmlicht stetig über eine immer grössere Fläche der Kathode ausdehnt. Solange dies möglich ist, bleibt seine Dicke, sowie die Spannungsdifferenz zwischen ihm und der Kathode so gut wie konstant. Sobald aber die ganze Kathode bedeckt ist, flutet es mit wachsender Stromstärke geradlinig weiter, und gleichzeitig wächst die Spannungsdifferenz. Hittorfs Angabe, dass in letzterem Falle der dunkle Raum wächst, konnte nicht bestätigt werden. Bei der hohen Bedeutung der Vorgänge an der Kathode für die Entladungserscheinungen habe ich auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. E. Wiedemann eine Reihe von Messungen über die Dimensionen der Kathodengebilde bei konstanten Strömen angestellt.

Versuchsanordnung. Als Entladungsraum dienten zwei grosse, etwas abgeänderte Wulffsche Flaschen. Sie haben eine Gesamthöhe von 25 cm und einen Durchmesser von 15 cm. Als Kathoden wurden Aluminiumdrähte und -bleche in den folgenden Stärken verwendet: Drähte von 1, 2, 3 und 4 mm Durchmesser, Bleche in den Grössen 0,2×20×120 mm und 4×20×120 mm. Einige Versuche wurden mit einem Platindraht von 2 mm Durchmesser und 120 mm Länge und einem Graphitstab von denselben Dimensionen ausgeführt.

1) Auszug aus einer Erlanger Dissertation, in der die Einzelheiten der Apparatbeschreibung, die zahlreichen Messungsreihen, von denen hier nur eine kleine Anzahl gegeben ist, nachzusehen sind. Die zur Promotion am 24. April 1901 verwandte Dissertation ist im Mai 1901 gedruckt worden, also längere Zeit vor dem Erscheinen der Arbeit von J. Stark (diese Zeitschrift 3, 88, 1901), die ähnliche Fragen behandelt. Einzelne sinnentstellende Druckfehler der Dissertation sind im vorstehenden Auszuge berichtigt.

2) Poggendorfs Annalen 136, 12, 1860.

Als Stromquelle diente eine Akkumulatorenbatterie von 1600 Zellen, deren Strom durch Widerstände von Jodkadmiumlösungen in Amylalkohol reguliert werden konnte. Zu den elektrischen Messungen dienten als Strommesser ein Siemenssches Torsionsgalvanometer, als Spannungsmesser verschiedene Braunsche Elektrometer und ein Lord Kelvinsches Multicellular-Voltmeter.

Zur Bestimmung der Längen des Glimmlichtes, der Dimensionen des dunklen Raumes und der Länge der Glimmlichtstrahlen war in etwa 2 m Entfernung ein ziemlich stark vergrösserndes Beobachtungsfernrohr aufgestellt. Vor seinem Objektiv war ein gegen seine Achse um 45° geneigter Spiegel angebracht, der dasselbe zur Hälfte bedeckte. Dieser warf das von einer beleuchteten Skala kommende Licht in das Fernrohr. Da die Skala und die Kathode in gleichem Abstande vom Fernrohr sich befanden, so erschienen sie bei der gleichen Einstellung desselben scharf.

Zur Bestimmung der relativen optischen Intensitäten des Glimmlichtes diente dessen photochemische Wirkung. Hierzu wurde eine Schiebekassette benützt, wie sie bei Spektralapparaten angewendet wird.[1]) Ferner war die ganze Einrichtung so angeordnet, dass abwechselnd das Glimmlicht an der einen oder anderen Kathode der beiden Flaschen die Platte resp. einen Streifen der Platte belichtete. Dies hatte den Vorteil, dass die Intensitäten des Glimmlichtes an verschieden dicken Kathoden auf einer Platte fixiert werden konnten. Die Untersuchung der Schwärzungen der Platte geschah mittels eines Martensschen Photometers.[2]) Dabei wurden die Schwärzungen auf den zu vergleichenden Streifen durch passende Wahl der Expositionszeiten gleich gemacht, das heisst: eine geringere Intensität wurde durch eine längere Exposition kompensiert.

In den im folgenden erhaltenen Tabellen wurden stets folgende Bezeichnungen angewendet:

v = Potentialdifferenz zwischen Anode und Kathode in Volt.

p = Druck in Millimeter-Quecksilber.

d_c = Länge der Kanalstrahlen in Millimetern.

d_d = Dicke des Hittorfschen dunklen Raumes in Millimetern.

i_w = Stromstärke in Milliampère.

l_w = Länge des Glimmlichtes in Millimetern.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf folgende Gegenstände:

1. Abhängigkeit der Potentialdifferenzen zwischen Kathode und Anode

1) Vergl. J. S. Acworth, Wied. Ann. 42, 371, 1891.

2) Vgl. diese Zeitschr. 1, 299, 1900.

vom Drucke bei nicht ganz bedeckter Kathode.

Die Stromstärke wurde jeweils so reguliert, dass nur ein kleiner Theil der Kathode von Glimmlicht bedeckt war. Es war für verschiedenen Druck p das Entladungspotential v, das sehr nahe gleich dem Kathonenfall ist.

p	8,25	5,19	3,30	2,16,	1,33	0,95,	0,60	0,39	0,35	0,24	0,15
v	400	410	370	360	360	360	370	370	380	380	370

bei $p = 0{,}12$ reichten die Widerstände nicht mehr aus, um den Strom so weit zu schwächen, dass die Kathode nur teilweise bedeckt war. Das Potential stieg auf 430 Volt.

Die angestellten Messungen ergeben, dass das Entladungspotential, solange die Kathode nur auf einem kleinen Teil bedeckt ist, so gut wie konstant bleibt. Bei einer Reihe von Versuchen war in das negative Glimmlicht eine Sonde eingeführt. Es wurde der Kathodenfall bei verschiedenen Stromstärken, d. h. bei verschieden grosser Bedeckung der Kathode mit Glimmlicht, bestimmt. Die Sonde befand sich in der Nähe des Kathodenendes. Dabei ergab sich, dass der Kathodenfall von den Längen des Glimmlichtes, welche die Kathode bedecken, abhängig war, und zwar war es um so grösser, je weiter die Bedeckung sich erstreckte. Bei einem Drucke von $p = 5{,}7$ mm änderte sich das Gefälle um etwa 100 Volt, wenn das Glimmlicht sich von 2 bis 10 cm ausdehnte. Bei einem niederen Drucke von $p = 2$ mm betrug die entsprechende Änderung ca. 20 Volt. Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, dass bei einer zur Erde abgeleiteten und bis zum Punkte b mit Glimmlicht bedeckten Kathode das Potential im Punkte b im Glimmlicht gleich dem normalen Kathodenfall ist, im Punkte a dagegen, der dem Ende der Kathode gegenüberliegt, ist im Glimmlicht das Potential gleich der Summe der Potentialdifferenz in dem von a nach b fliessenden Strome und des Kathodenfalles bei b. Infolge des höheren Potentials in a ist wahrscheinlich hier die Intensität des in die Kathode eintretenden Stromes etwas grösserals in b.

b a
K

2. Abhängigkeit der vom Glimmlichte bedeckten Elektrodenfläche von der Stromstärke und Einfluss der Gestalt der Elektroden hierauf bei konstantem Drucke.

Zu untersuchen war, ob bei verschieden gestalteten, nicht ganz mit Glimmlicht bedeckten Kathoden bei gleichem Drucke die Stromdichte die gleiche ist, bezw. die vom Glimmlicht bedeckte Fläche der Stromstärke proportional ist. Vorausgesetzt ist, dass allein das Glimmlicht Strom zur Kathode führt. Zu diesen Versuchen waren 2 Flaschen aufgestellt, wie sie oben beschrieben sind. In der einen war ein Draht von 2 mm Dicke, in der anderen ein solcher von 1 mm als Kathode angebracht. Die Längen derselben betrugen 100 mm. Als Gas wurde reiner Stickstoff verwandt. Pumpen und Flaschen wurden mehrmals damit ausgespült. Zur Ablesung der Längen diente die oben beschriebene Anordnung mittels einer durch Spiegel reflektierten Skala. Die folgenden Tabellen enthalten zunächst Beobachtungen an verschieden dicken Drähten. Ist der oben aufgestellte Satz richtig, so müssen die bei Drähten von dem Radius r gefundenen Werte von $\frac{i}{l}$ den Radien proportional sein, d. h. $\frac{i}{l \cdot r}$ gleich einer Konstanten, und es muss die die Stromdichte $\frac{i}{2\pi r \cdot l}$ ebenfalls gleich einer Konstanten C sein. Ist die Stromdichte eine Konstante, so geht bei gleichem Drucke stets durch gleiche Flächen gleichviel Strom. In der Tabelle ist die Stromdichte $\frac{i}{2\pi r \cdot l} = C$ berechnet, wobei r_1 und r_2 die Radien der bedeckten Drähte sind, und zwar ist, da die Intensitäten in Milliampère, die Längen und Querschnitte in Millimetern gemessen sind, die Stromdichte gegeben in Milliampère pro Quadratmillimeter.

p	r_1	C	r_2	C
2,4	0,5	0,0175	1,0	0,0174
2,7	1,0	0,0190	1,5	0,0195
2,86	1,5	0,0221	2,0	0,0223
			Blech von	
2,41	1.0	0,0178	0,2×8	0,0176
1,82	1,0	0,0122	0,2×20	0,0122
1,5	1,0	0,0120	4×4	0,0116

Aus diesen und zahlreichen anderen Versuchen an Drähten und Platten folgt, dass 1. die Länge des Glimmlichtes bei demselben Draht direkt proportional der Stromstärke ist, daraus folgt aber, dass bei nicht ganz bedeckter Elektrode die Stromdichte unabhängig von der Grösse der Bedeckung ist, 2. dass gleichgültig, ob man es mit Platten oder Drähten zu thun hat, bei konstantem Drucke die Stromdichte die gleiche ist. Es ergiebt sich daher

$$\frac{i}{F} = C,$$

worin F die mit Glimmlicht bedeckte Fläche ist.

3. Abhängigkeit der vom Glimmlicht bedeckten Fläche bei konstanter Stromstärke vom Drucke.

Zu diesen Messungen war eine Flasche aufgestellt. Als Kathode diente ein 2 mm dicker Aluminiumdraht. Die nachfolgenden Tabellen (S. 190) geben die Werte l, i, und $\frac{i}{l}$ bei verschiedenem Drucke an, desgleichen die Grösse $\frac{i}{l \cdot p}$.

p	l_w	i_w	$\frac{i}{l}$	$\frac{i}{l \cdot p}$
7.3	11.8	3.9	0.331	0.0454
2.86	22	3.0	0.137	0.0477
0.76	23	0.8	0.035	0.0460
7.5	14	5.1	0.364	0.0486
4.1	21	4.0	0.190	0.0464
2.4	15.5	1.72	0.111	0.0462
1.1	30	1.6	0.0533	0.0482
5.74	15	4.0	0.267	0.0464
3.70	24	4.15	0.172	0.0462
2.86	31	4.3	0.138	0.0480

Sämtliche Beobachtungen in Stickstoff ergaben $\frac{i}{l \cdot p}$ v gleich einer Konstanten, d. h. die Stromdichte ist direkt proportional dem Drucke. Da der zu den Messungen benutzte Draht die Dicke von 2 mm hatte, so ist die auf die Flächeneinheit bezogene Konstante

$K = \frac{i}{F \cdot p} = 0{,}00731$ Milliampère.

Wir können daher den obigen Ausdruck und die ihm entsprechende Konstante als diejenige auffassen, welche die Beziehungen zwischen Stromstärke, Druck und bedeckter Fläche allgemein bei Aluminiumkathoden in Stickstoff bestimmt.

Diese Abhängigkeit zwischen Druck und Stromdichte ist aber nicht für alle Gase allgemein gültig, wir werden vielmehr beim Wasserstoff sehen, dass bei diesem $\frac{i}{F \cdot p^2} = K_1$ einer Konstanten ist, oder allgemein, dass bei verschiedenen Gasen $\frac{i}{F \cdot p^n} = K_n$ ist, worin n und K_n Konstanten sind, die von der Art des Gases abhängen.

4. Dicke der Kanalstrahlenschicht, des dunklen Raumes und der negativen Glimmlichtschicht bei verschiedenem Drucke, solange die Kathode nicht ganz bedeckt ist.

Die Resultate der Beobachtung sind in den folgenden Tabellen und Kurven niedergelegt.

$p =$	3.5	2.19	1.14	0.75	0.51	0.37	0.25	
$v =$	400	410	380	380	400	400	410	
$d_c =$	0.3	0.45	0 8	1.1	1.6	2.2	3 2	
$d_h =$	0.8	1.2	2.1	3.0	4.8	6.8	9.4	
$d_g =$	1.5	2.2	4.8	6.8	9.6	13 2	19	Mittel
$d_c \cdot p$	1.02	0.99	0.91	0 83	0.82	0.82	0.8	0.9
$d_h \cdot p$	2.80	2.63	2.39	2.25	2 45	2.52	2.35	2.45
$d_g \cdot p$	5.25	4.81	5.47	5.10	4.89	4.88	4.76	5.00

Da vorläufige Rechnungen ergeben haben, dass das Produkt $p \cdot d$ für Stickstoff in allen Fällen gleich einer Konstanten $\mathfrak{K}$ ist, so sind in den Tabellen stets diese Produkte beigefügt. Bei höheren Drucken, bei denen überhaupt nur eine Messung an den Drähten möglich ist, wurde gefunden, dass die Dimensionen aller Kathodengebilde von der Form der Kathode unabhängig sind. Dasselbe wird wahrscheinlich auch bei tiefem Drucke gelten. Da, wie aus der Tabelle hervorgeht, $d \cdot p$ gleich einer Konstanten ist, so ergiebt sich hieraus und aus anderen nicht mitgeteilten Beobachtungen: Die Dicken d_c, d_h, d_g sind bei Drähten und Blechen gleichgross, sie sind umgekehrt proportional dem Drucke. Aus der relativen Grösse ersieht man, dass $d_g \cdot p$ am grössten ist, d. h. bei abnehmendem Drucke dehnt sich das Glimmlicht am schnellsten aus. Aus den Beobachtungsreihen geht hervor, dass bei Stickstoff sowohl die Dimensionen der Kanalstrahlen, wie des dunklen Raumes und der negativen Glimmlichtschicht denselben Gesetzen gehorchen und umgekehrt proportional dem Drucke sind.

$$d \cdot p = \mathfrak{K}.$$

Wir werden weiter unten sehen, dass diese Verhältnisse sich bei Wasserstoff anders gestalten.

5. Abhängigkeit derselben Grössen vom Drucke, wenn die Kathode ganz bedeckt ist.

Steigert man durch Verminderung des Widerstandes die Stromstärke, so bleibt, wie erwähnt, die Dicke des Glimmlichtgebildes zunächst konstant. Von dem Augenblicke an, wo die Kathode ganz bedeckt ist, wächst das Potential. Gleichzeitig zieht sich der innerste hellste Teil der Glimmlichtschicht etwas zusammen und der dunkle Raum wird kleiner, während die diffusen Glimmlichtstrahlen an Grösse zunehmen, jedoch keine scharfe Grenze zeigen. Die folgende Tabelle enthält die verschiedenen Dicken d_c, d_h der einzelnen Glimmlichtgebilde bei konstantem Drucke, die Stromstärke i und Spannung v. Hierbei zeigt sich eine Zusammenpressung des dunklen Hittorfschen Raumes mit wachsender Stromstärke sehr deutlich. Dieselbe mag ihre Ursache in der Rückwirkung der starken Ausdehnung des Glimmlichtes auf den dunklen Raum haben. Die Spannung wächst nahezu proportional mit der Stromstärke, wie dies auch schon von G. Schmidt gefunden worden ist. Die Länge der Kanalstrahlen scheint erst schneller, dann langsamer mit wachsender Stromstärke zu wachsen.

$p = 0{,}25$ mm Hg,

d_c. =	1,5	1,7	1,8	2	2,1	2,2	2,6
d_k. =	9	7,6	7	6,7	6,3	6	5,7
i. =	20	21,5	22,7	24	26,5	30	33,5
v. =	320	360	400	440	500	600	700.

Die Dicke des dunklen Raumes sinkt erst schnell, um sich dann asymptotisch einem Minimum zu nähern.

6. Abhängigkeit der optischen Intensität des Glimmlichtes von Stromstärke und Druck bei nicht ganz bedeckter Kathode.

Das Resultat, dass bei Stickstoff und einer Aluminiumkathode die Stromdichte bei nicht ganz bedeckten Kathoden konstant und umgekehrt proportional dem Drucke ist, und dass ferner der Kathodenfall proportional der Stromstärke bei ganz bedeckter Kathode wächst, liessen vermuten, dass zwischen denselben Grössen und der optischen Intensität des von dem Glimmlicht ausgehenden Lichtes ein Zusammenhang bestehe. Es wurden daher die Intensitäten des Glimmlichtes durch ihre photochemischen Wirkungen bestimmt. Die Stromstärke wurde konstant erhalten, während der Druck variiert wurde. Es zeigte sich, dass bei verschiedenen Drucken, aber gleicher Stromstärke die Intensität des ganzen Glimmlichtes konstant war, solange das Glimmlicht die Kathode nicht ganz bedeckte.

Die Versuche wurden angestellt bei dem Drucke

$p = 5{,}5;\ 3{,}3;\ 2{,}1;\ 1{,}28;\ 0{,}8;\ 0{,}54;\ 0{,}4.$

Die Schwärzungen aller Streifen waren gleich. Daraus folgt:

Die Intensität des Glimmlichtes pro Stromeinheit bleibt bei allen Drucken konstant, solange die Kathode nicht ganz bedeckt ist.

Um die Abhängigkeit von Stromstärke und Intensität bei konstantem Drucke zu bestimmen, wurden die Aufnahmen bei variabler Stromstärke gemacht. Die Kathode war in allen Fällen nicht ganz bedeckt. Photographiert wurde bei verschiedener Belichtungsdauer, und zwar so, dass bei doppelter Stromstärke die halbe Belichtungsdauer angewandt wurde.

$p = 2{,}4$ mm
$i = 51,\ 52,\ 54,\ 58,\ 66,\ 82$
$sec = 16\quad 8\quad 4\quad 2\quad 1\quad 1/2.$

Die Untersuchungen der Schwärzungen ergaben gleiche Schwärzung bei allen Streifen.

Bei einem zweiten Versuche wurden zwei Flaschen mit verschieden dicken Elektroden verwendet, und zwar mit einem 1 mm und einem 3 mm dicken Aluminiumdraht. Auch hierbei wurde auf konstante Stromstärke einreguliert und abwechselnd das Glimmlicht der einen und der anderen nicht ganz bedeckten Kathode photographiert.

1) 3 mm 2) 1 mm
$p = 6$ „ $i = 40$ „ sec 6
$p = 3$ „ $i = 40$ „ „ 6
$p = 1{,}25$ „ $i = 40$ „ „ 6

Die Untersuchung ergab gleiche Schwärzung.

Die Gesamtintensität des ausgesandten Lichtes ist bei nicht völlig bedeckter Kathode bei gleicher Stromstärke vom Drucke unabhängig; da aber die Stromdichte proportional dem Drucke ist, so folgt, dass die Intensitäten des Glimmlichtes pro Flächeneinheit der Kathode proportional den Stromdichten sind.

Nach allen früheren Beobachtungen ist der Kathodenfall unabhängig vom Drucke. Bleibt bei verschiedenem Drucke die Stromintensität die gleiche, so ist auch die an der Kathode geleistete Arbeit dieselbe. Aus den Versuchen folgt, dass die Intensität des Glimmlichtes die gleiche ist. Demnach würde stets ein gleicher Bruchteil von Arbeit in sichtbare Glimmlichtstrahlung umgewandelt werden. Nach E. Goldstein soll das Glimmlicht von diffus zerstreuten Kathodenstrahlen herrühren. Ist das richtig, so würde aus obigen Versuchen folgen, dass unabhängig vom Drucke pro Stromeinheit ein gleicher Bruchteil von Arbeit in Kathodenstrahlenenergie umgesetzt wird. Bei höherem Drucke wird derselbe in nächster Nähe der Kathode, bei tiefem Drucke in einem grösseren Volumen des Gases in Energie der Glimmlichtstrahlen umgesetzt.

7. Untersuchung der Beziehungen zwischen l, i, p und d bei verschiedenem Kathodenmaterial.

Um ein Urteil darüber zu erhalten, welchen quantitativen Einfluss die Natur der Kathoden auf die Glimmlichtgebilde hat, wurden einige Versuche mit Platin- und Graphitkathoden angestellt. Als Gas diente Luft.

In der 1. und 2. Tabelle sind die Längen des Glimmlichtes an Kathoden aus Aluminium und Platin und die Abhängigkeit von Stromstärke und Druck enthalten. Gleichzeitig ist das Produkt aus $\frac{i}{l} \cdot p$ angegeben, in der 3. und 4. die Dicken d_c und d_k abhängig vom Drucke.

Aluminium			Platin		
p	$\frac{i}{l}$	$\frac{i}{l \cdot p}$	p	$\frac{i}{l}$	$\frac{i}{l \cdot p}$
6.84	0.182	0.0265	6.84	0.122	0.0179
4.9	0.141	0.0287	4.9	0.133	0.0272
3.7	0.104	0.0282	3.7	0.082	0.0219
2.8	0.078	0.0279	2.8	0.074	0.0265
2.05	0.056	0.0273	2.05	0.051	0.0247
1.56	0.043	0.0259	1.56	0.035	0.0225
1.2	0.034	0.0285	1.2	0.022	0.0178
0.9	0.024	0.0265	0.9	0.020	0.0222

	Aluminium			Platin		
p	d_c	d_k	v	d_c	d_k	v
4,6	0,5	1,5	400	1	2	430
3,4	0,6	1,6	405	1,3	2,3	430
2,5	1,0	2,1	410	1,4	2,8	425
1,6	1,3	3,1	400	1,9	3,5	440
0,8	2,1	4,0	400	3,2	5,7	435

Aus den Tabellen ergiebt sich, dass dieselben Beziehungen zwischen d und p bei Aluminium- und Platinkathoden herrschen.

Das Produkt $\frac{i}{l} \cdot p$ ist auch bei Platin trotz der Unregelmässigkeit der Erscheinungen eine Konstante. Doch ist $\frac{i}{l}$ bei Platin kleiner als bei Aluminium.

War es schon bei Platin äusserst schwierig, Beobachtungen anzustellen, so war es bei Graphit unmöglich. Hierbei waren gar keine Begrenzungen zu erzielen, da das Glimmlicht an verschiedenen Stellen in Form keiner blauer Büschel auftrat. Die Zerstäubung war so stark, dass kleine hellglühende Graphitpartikelchen von der Kathode zur Glaswand hingeschleudert wurden. Das Glimmlicht selbst verteilte sich auf der ganzen Kathode.

8. Orientierende Beobachtungen über die Beziehungen zwischen den Grössen l, i, p und d bei verschiedenen Gasen.

Folgende Beobachtungen wurden angestellt, um zu sehen, inwieweit die Natur des Gases einen Einfluss auf die Gebilde an der Kathode hat. Als Gas wurde neben Stickstoff Wasserstoff, der durch Elektrolyse hergestellt war, verwendet.

Aus den Tabellen ergiebt sich, dass auch bei Wasserstoff bei konstantem Drucke, unabhängig von der Stromstärke, die Stromdichte die gleiche ist.

Druck $p = 2{,}7$

$\frac{i}{l}$
0,0619
0,0625
0,0579
0,0582

$$\text{Mittel } \frac{i}{l} = 0{,}0601.$$

Stellen wir die für verschiedene Drucke gefundenen Stromdichten $\frac{i}{F}$ und die aus ihnen berechneten Werte $\frac{i}{F \cdot p}$ und $\frac{i}{F \cdot p^2}$ zusammen, so ergiebt sich:

$$\frac{i}{F \cdot p^2} = K_1, \text{ also } \frac{i}{F} = K_1 \cdot p^2.$$

p	$\frac{i}{l}$	$\frac{i}{F.p}$	$\frac{i}{F.p^2}$
2.7	0.0617	0.00362	0.00134
1.76	0.0265	0.00240	0.00135
1.14	0.0122	0.00170	0.00148
0.76	0.00501	0.00103	0.00136

Hieraus folgt, dass bei Wasserstoff die Stromdichte nicht direkt proportional dem Drucke, sondern direkt proportional dem Quadrate des Druckes ist.

Die nächste Tabelle giebt die Dicken der Kanalstrahlen des Hittorfschen dunklen Raumes und der negativen Glimmlichtschicht der Metalle Aluminium und Platin an.

	Aluminium				Platin			
p	5,6	4,0	2,3	1,36	5,6	4,0	2,3	1,36
d_c	0,5	0,5						
d_k	0,8	2,25			1,9	2		
d_g	2,25	2,8	4,7	7	2,85	3,7	6,5	10,45

Es bestehen daher nicht für alle Gase gleiche Beziehungen zwischen den verschiedenen Grössen l, i, p und d, sondern es würden sich dieselben nach der Formel $\frac{i}{F} \cdot p_n = K_n$ ergeben. Der Exponent n von p ist abhängig von der Art des Gases. Ein ähnliches Gesetz hat H. Ebert für die Dicken des dunklen Raumes bei ganz bedeckter Kathode gefunden.

Die Dimensionen der Kathodengebilde sind, wie auch bereits oben hervorgehoben ist, bei Wasserstoff wesentlich grösser als bei Stickstoff. Das Gesetz, nach dem der dunkle Raum bei nicht vollständig bedeckter Kathode sich ausdehnt, ist

$$d \cdot p^n = \mathfrak{K}_n.$$

Resultate.

Im folgenden sollen noch einmal kurz die für die Dimensionen der Kathodengebilde gefundenen Resultate zusammengefasst werden. Das Kathodengefälle bleibt, solange die Kathode nur auf einem kleinen Teile bedeckt ist, konstant. Die Länge des Glimmlichtes ist direkt proportional der Stromstärke. Bei nicht ganz bedeckter Kathode ist die Stromdichte unabhängig von der Grösse der Bedeckung. Bei nicht ganz bedeckter Kathode ist die Stromdichte bei Drähten wie bei Platten bei konstantem Druck die gleiche. Der Quotient aus Stromdichte und Druck ist bei Stickstoff eine Konstante, während bei Wasserstoff der Quotient aus Stromdichte und dem Quadrate des Druckes eine Konstante ist. Bei ganz bedeckter Kathode wächst die Spannung proportional der Zunahme der Stromstärke. Die Länge der Kanalstrahlen wächst erst schnell, dann langsam, während die Dicke des Hittorfschen dunklen Raumes erst schnell sinkt, um sich dann

asymptotisch einem Minimum zu nähern. Die Intensität des Glimmlichtes pro Stromeinheit bleibt bei Stickstoff bei allen Drucken konstant, solange die Kathode nicht ganz bedeckt ist. An der Kathode wird wahrscheinlich, unabhängig vom Drucke, pro Stromeinheit ein gleicher Bruchteil von Arbeit in Kathodenstrahlenenergie umgewandelt.

Die charakteristischen Grössen für den Stromübergang an der Kathode dürften sein: einmal der Kathodenfall und zweitens die bei nicht vollständig bedeckter Kathode vorhandene Stromdichte. Ersteres, der Kathodenfall, ist nach allen bisherigen Versuchen unter normalen Verhältnissen eine nur von der Natur des Gases und der Kathode abhängige Grösse, die aber unabhängig vom Drucke ist. Die zweite Grösse, die normale Stromdichte an der Kathode, ist im allgemeinen abhängig vom Drucke, der Natur des Gases und der Kathode. Sie ist bei Wasserstoff kleiner als bei Stickstoff, bei Platin und Graphit kleiner als bei Aluminium. Bei Stickstoff ist sie nahezu proportional dem Drucke, während sie bei Wasserstoff mit dem Quadrate desselben steigt.

In der folgenden Tabelle sind die Werte für die normale Stromdichte $\frac{i}{F \cdot l}$ zusammengestellt, wenn die Stromdichte in Milliampère und die Längen in Millimeter, sowie wenn sie in Ampère und in Centimeter gemessen sind.

p	$\frac{i \text{ M.-A.}}{2\pi r \,.\, l \text{ mm}}$	$\frac{i \text{ Amp.}}{2\pi r \,.\, l \text{ cm}}$	p	$\frac{i \text{ M.-A.}}{2\pi r \,.\, l \text{ mm}}$	$\frac{i \text{ Amp.}}{2\pi r \,.\, l \text{ cm}}$
7.5	0.0580	5.80^{-8}	4.2	0.0228	2.28^{-8}
4 1	0.0302	3.02^{-8}	2.7	0.0098	0.98^{-8}
2.4	0.0176	1.76^{-8}	1.76	0.0042	0.42^{-8}
1.1	0.0085	0.85^{-8}	0.76	0.0008	0.08^{-8}

(Eingegangen 31. Mai 1902.)

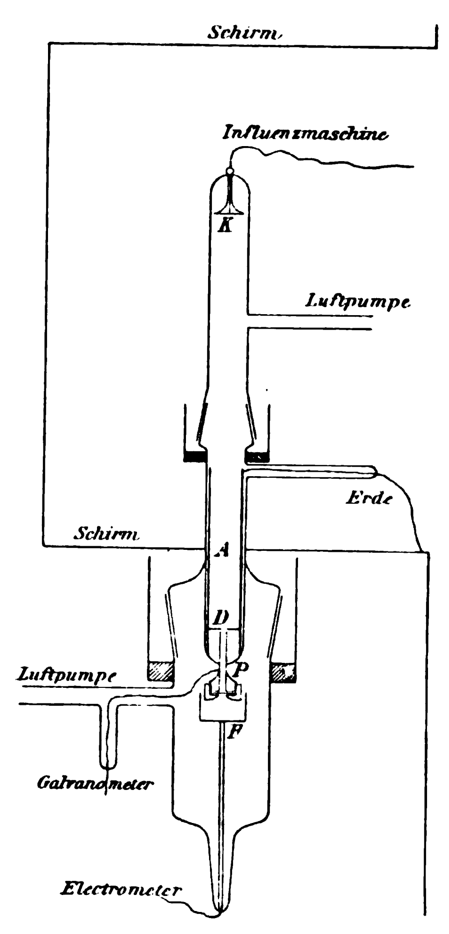
Abhängigkeit der Absorption, welche Kathodenstrahlen in einem dünnen Blättchen erleiden, vom Entladungspotential.

Von W. Seitz.

Bekanntlich nimmt die Absorption von Kathodenstrahlen in Metallblättchen mit wachsendem Entladungspotential, das ist mit wachsender Geschwindigkeit der Elektronen, ab. Zweck der folgenden Untersuchung ist, eine quantitative Beziehung zwischen Entladungspotential und Durchdringungsvermögen aufzustellen.

Um dies zu erreichen, mussten gleichzeitig 1. das Entladungspotential, 2. die durch ein Fenster hindurchgelangende Menge von Kathodenstrahlen und 3. die vom Fenster absorbierte Menge bestimmt werden.

Die dabei verwendete Entladungsröhre bestand aus drei durch Quecksilberschliffe verbundenen Teilen. K bildete die Kathode, die dicht an der Glaswand anliegende 2 cm weite Messingröhre A die Anode, welche stets geerdet war. Das 0,00032 cm starke Aluminiumfenster war nach der Methode von W. Wien[1]) auf ein eingescholzenes Platin-



röhrchen P luftdicht aufgeschraubt. Das Diaphragma D hatte den Zweck, nur ein dünnes Bündel Kathodenstrahlen gerade auf die Mitte des Fensters fallen zu lassen. Die Elektrode F fing die durch das Fenster hindurch gegangenen Strahlen auf. Als Stromquelle wurde eine 4plattige Influenzmaschine verwendet. Die Zuleitungen zur Kathode wie zum Voltmeter war in Paraffin eingegossen, um Spitzenentladung zu verhüten. Das Entladungspotential wurde an einem statischen Voltmeter von Siemens & Halske, das mit der Kathode verbunden war, abgelesen. Zur Bestimmung der vom Fenster absorbierten Elektrizitätsmenge war dieses durch ein d'Arsonval-Galvanometer (von der Empfindlichkeit $3{,}1 \,.\, 10^{-10}$ Amp. pro mm bei 2 m Skalenabstand und

1) W. Wien, Wied. Ann. **65**, 440, 1898.

10000 Ω Widerstand), an welches ein Nebenschluss von 5000 Ω angebracht war, zur Erde abgeleitet, während die durch das Fenster hindurch gelangende Menge Kathodenstrahlen noch mittels eines empfindlichen Dolezalekschen Elektrometers gemessen werden konnte. Zu diesem Zwecke war F durch einen sehr grossen Widerstand, nämlich durch ein etwa 2 cm langes Stäbchen blaues Schmelzglas, an dessen mit F verbundenem Ende das Elektrometer angebracht war, zur Erde abgeleitet. Der Ausschlag der Elektrometernadel ist dann proportional dem von F abfliessenden Strom. Um F und die Zuleitung vom Elektrometer vor Influenzwirkungen zu schützen, befand sich, wie die Zeichnung zeigt, der obere Teil der Röhre in einem Blechkasten, welcher an einem mehrere m^2 grossen Schirme angebracht war. Bei Spannung oberhalb 14000 Volt genügte auch das Galvanometer, um die durch das Fenster gelangenden Strahlen zu messen und hiervon wurde zur Kontrolle der elektrometrischen Bestimmungen Gebrauch gemacht.

Folgende Tabelle enthält das Mittel aus den Resultaten von sieben, im übrigen nur wenig voneinander abweichenden Versuchsreihen. Unter V stehen die Entladungspotentiale, ausgedrückt in Volt, unter $\frac{Ai}{i_0}$ das Verhältnis des Skalenausschlags, welcher an dem mit F verbundenen Elektrometer abgelesen wurde, zu dem gleichzeitig beobachteten Skalenausschlag des Galvanometers, welches die vom Fenster absorbierte Menge angab. Die Zahlen unter $\frac{Ai}{io}$ sind also proportional dem Verhältnis der durch das Fenster hindurch auf F gelangenden (d. i. „i") zu den vom Fenster absorbierten Kathodenstrahlen (d. i. „i_0").

V	$\frac{Ai}{i_0}$	$\frac{i}{i_0}$ best.	$\frac{i}{i_0}$ ber.
15800	1,19	0,00421	0,00428
15600	1,00	0,00354	0,00358
15500	0,90	0,00319	0,00328
15400	0,82	0,00290	0,00297
15200	0,68	0,00241	0,00248
15000	0,55	0,00197	0,00203
14800	0,46	0,00163	0,00164
14600	0,375	0,00132	0,00132
14500	0,335	0,00115	0,00116
14400	0,30	0,00106	0,00104
14200	0,24	0,00085	0,00082
14000	0,185	0,00065	0,00065
13800	0,14	9,00049	0,00049
13600	0,105	0,00037	0,00037
13500	0,09	0,00031	0,00032
13400	0,078	0,00027	0,00027
13200	0,062	0,00021	0,00019

Nach verschiedenen vergeblichen Versuchen zeigte sich, dass die experimentellen Daten durch die Formel $\frac{i}{i_0} = e^{\frac{-a}{V^5}}$, sich darstellen lassen.

Die Konstanten A und a wurden aus den für 15800 und 13800 Volt experimentell bestimmten Werten von $\frac{Ai}{i_0}$ berechnet zu 282 resp. $17{,}1 \cdot 10^{10}$; die Reihe $\frac{i}{i_0}$ der Tabelle ist entstanden aus Reihe 2 durch Division mit 282 und stellt das Verhältnis der hindurchgedrungenen Menge Kathodenstrahlen zu der vom Fenster absorbierten dar, falls wir die Strahlen, welche durch diffuse Ausbreitung an der Rückseite des Fensters sowie durch Reflexion an F verloren gehen, vernachlässigen, was aber natürlich nur den absoluten Wert, nicht den relativen, von $\frac{i}{i_0}$ beeinflussen kann.

Die letzte Reihe enthält schliesslich die nach der Formel $\frac{i}{i_0} = e^{\frac{-a}{V^5}}$ berechneten Werte.

Die geringen Differenzen zwischen den letzteren und den experimentell bestimmten Zahlen liegen innerhalb der Grenze der wahrscheinlichen Fehler. Es folgt also, dass der Absorptionskoeffizient umgekehrt proportional V^5 oder umgekehrt proportional der 5. Potenz der Geschwindigkeit der Elektronen ist.

Ich beabsichtige, demnächst die Untersuchungen auch auf höhere Entladungspotentiale auszudehnen, wenn mir ein hierfür geeigneter Messaparat zu Gebote steht. Da aber bis dahin noch einige Zeit vergehen wird, hielt ich es für angezeigt, einstweilen die Ergebnisse der Messungen bei geringeren Spannungen zu veröffentlichen.

Würzburg, August 1902.

Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 11. August 1902.)

Über den Durchgang des elektrischen Stromes durch ein gasförmiges Medium im Felde rotierender Magnete.

Von J. J. Taudin Chabot.

Zur Behandlung der Frage, ob das Feld des um seine Achse rotierenden Magnets an dieser Rotation teil hat oder nicht, diskutierte Lecher[1]) eine Reihe von ihm selbst, wie von

1) Lecher, Wien. Ber. **103**, 961, 1894.

anderen angestellter Versuche. Unter jenen besteht einer darin, dass der Magnet um dessen Pol das Faradaysche Pendel[1]) — in der Ampèreschen Form eines zweiarmigen Bügels[2]) — umläuft, in Rotation versetzt wird: Die Umlaufsgeschwindigkeit des Leiterbügels zeigt sich unabhängig von der Drehungsgeschwindigkeit des Magnets, sei diese 0 oder $>$ 0.

Statt durch einen starren Leiter kann der elektrische Strom auch durch ein Gas seinen Weg nehmen, um dann ebenfalls bei passender Annäherung eines Magnetpols die Erscheinung der Gleichpolrotation[3]) zu zeigen. Einen entsprechenden Apparat liess ich, wie folgt, konstruieren: Von einem Glockenmagnet ist der mittlere Eisenteil in etwa der halben Länge mit isoliertem Kupferdraht bewickelt, so dass der Innenraum des Glockenmagnets zur Hälfte mit jenen Windungen ausgefüllt erscheint, zur Hälfte frei bleibt. Hier, neben dem freien Ende des centralen Eisens steckt ein passend evakuiertes Glasgefäss — derart wie das von De la Rive angegebene[4]) — welches der zwischen diesem und dem peripheren Eisen des Glockenmagnets sich erstreckende Teil des Magnetkreises mithin radial durchsetzt. Die Dimensionen des Apparates sind: Durchmesser des peripheren Eisens, aussen 8,4 cm, innen 8,2 cm — Durchmesser des centralen Eisens 1,2 cm — Länge 20 cm; Solenoid von 2600 Windungen eines runden Kupferdrahts, dessen Durchmesser 0,1 cm beträgt, bei einer Seidenisolation in 0,0025 cm Stärke ringsum. Glockenmagnet und Gefäss lassen sich mittels einer Schwungmaschine um die vertikal orientierte Achse drehen, während Schleifkontakte den Anschluss zweier kleiner Trockenelemente zur Erregung des Glockenmagnets, sowie eines mittelgrossen Induktoriums zum Betrieb der Röhre ermöglichen.

Es vollbringt der Stromfaden zunächst etwa 1 Umlauf per Sekunde. Dreht man jetzt aber das System, so erfährt die Umlaufsbewegung des Stromfadens eine sehr merkliche Beschleunigung; ist dieselbe, wenn der Magnet entgegengesetzt gedreht wird, negativ, so kann selbst ein Richtungswechsel der Umlaufsbewegung eintreten. Ändert man die Drehrichtung plötzlich, so folgen stets die den Elektroden näheren Teile des Stromfadens zuerst, während der mittlere Teil etwas zurückbleibt — der Faden mithin seitswärts leicht gekrümmt wird — das Ganze den Anschein erweckend, wie wenn der Stromfaden von den Elektroden aus mechanisch gezwungen würde, seinen Umlauf positiv oder negativ zu beschleunigen. — Gleichpolinduktion andererseits findet (seitens des rotierenden Magnets) offenbar gleichzeitig nicht statt, leuchtet doch der umlaufende Stromfaden in einem konstanten Rötlich-Violett, hingegen übergelagerte Induktionsströme, sollten sie bei den Bewegungsvariationen des Stromfadens mitwirken, äquivalente Helligkeitsschwankungen verursachen müssten.

Degerloch (Wttbg.), 30. Juli 1902.

(Eingegangen 3. August 1902.)

1) Faraday, Quarterly Journ. of Sc., 12, 74, 1821.
2) Ampère, Mém. del' Ac. d. Paris, 6, 219, 1823.
3) Über die Worte „Gleichpolrotation" und „Gleichpolinduktion", statt „Unipolarrotation" und „Unipolarinduktion", vgl. meinen Vorschlag, Phil. Mag., ..., 1899.
4) De la Rive, Pogg. Ann. 104, 129, 1858.

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Die Kompensation des Schiffskompasses.

Von H. Meldau (Bremen).

Selbst bei sorgfältiger Auswahl des Kompassortes ergiebt sich für fast alle Eisenschiffe die Notwendigkeit, künstliche Mittel zur Reduktion der natürlichen Ablenkungen des Kompasses heranzuziehen. Grosse Ablenkungen würden nicht nur die Anwendung der Näherungsformel $\delta = A + B \sin \zeta + C \cos \zeta + D \sin 2\zeta + E \cos 2\zeta$, in der ζ den Kompasskurs bedeutet, zur Berechnung der Deviation verbieten, sie sind auch für die Navigierung selbst störend und, zumal in engen Gewässern, nicht ohne Gefahr. Da grosse Ablenkungen mit dem Kurswinkel stark veränderlich sind, so täuschen sie bei Kursänderungen das Urteil des Schiffsführers über die thatsächliche Winkelbewegung des Schiffes und geben unter Umständen Anlass zum Unruhigwerden der Rose. Ferner sind grosse Ablenkungen auch grossen Änderungen bei Veränderung der magnetischen Breite unterworfen. Diese Änderungen verteilen sich auf die verschiedenen Bestandteile der Deviation in verschiedenem Masse, und, indem sie sich zu den Änderungen durch halbfesten Magnetismus addieren, verschleiern sie den Einfluss des letzteren. Ein Hauptgrund zu Gunsten der Kompensation liegt in dem durch sie bewirkten Ausgleich der Richtkräfte auf den verschiedenen Kursen und der gleichzeitig ermöglichten Erhöhung der mittleren Richtkraft. Die Kompensation des Krängungsfehlers endlich ist unumgänglich mit Rücksicht auf die Ruhe der Kompassrose.

Als allgemeiner Grundsatz für die Kompen-

sation muss der gelten, dass möglichst jede magnetische Kraft des Schiffes durch eine adäquate, d. h. nicht nur für alle Kurse, sondern auch für alle magnetischen Breiten ihr entgegengesetzt gleiche Kraft aufgehoben wird. Die Anwendung dieses Grundsatzes hat auf die Gleichungen zurückzugehen, welche die Koeffizienten der obigen oder der exakten[1]) Deviationsformel mit den magnetischen Konstanten des Schiffes verbinden. Im folgenden sollen die Kompensationseinrichtungen des Schiffskompasses in der Reihenfolge besprochen werden, in der sie bei der Ausführung der Kompensation anzubringen sind.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen und bei Kompassen mit kleinen Nadeln von geringem magnetischen Moment ist die Kompensation der **Quadrantaldeviation** die am exaktesten ausführbare. Die Koeffizienten D und E der Quadrantaldeviation lassen sich in einer hier genügenden Annäherung durch die Formeln darstellen

$$\sin D = \mathfrak{D} = \frac{1}{\lambda}\,\frac{a-e}{2}\,;\quad \sin E = \mathfrak{E} = \frac{1}{\lambda}\,\frac{d+b}{2}\,,$$

wo $\lambda = 1 + \frac{a+e}{2}$ die mittlere Richtkraft nach magnetisch Nord in Einheiten der Horizontalintensität ausdrückt. Bei der Kompensation des Hauptkoeffizienten D wird man sich die Möglichkeit einer Erhöhung der mittleren Richtkraft nicht entgehen lassen. Um den Kompass durch Kompensationsvorrichtungen nicht allzusehr zu belasten, kompensiert man die (negativen) Werte des a und e nicht einzeln, sondern führt nur ein positives e' ein, indem man seitwärts vom Kompass in der Höhe der Rosenmagnete Kästen mit eisernen Ketten, Cylinder oder Kugeln aus weichem Eisen anbringt, die ein $e' = a - e$ erzeugen, wodurch $\lambda' = 1 + a$ und $\mathfrak{D} = \frac{1}{\lambda'}\,\frac{a-e-e'}{2} = 0$ wird.[2]) Heute benutzt man nach **W. Thomsons** Vorschlage meist starkwandige eiserne Hohlkugeln von 12 bis 30 cm Durchmesser. Da die Korrektoren unter der Annahme, dass die Horizontalkraft für sie ebenso durch die schiffsmagnetischen Kräfte modifiziert wird wie für die Kompassnadeln, dieselben Deviationen an Bord wie an einem eisenfreien Orte erzeugen, so kann man die Grösse der anzubringenden Kugeln und die Entfernungen, die ihnen von der Rosenmitte zu geben sind, nach Feststellung des D aus Tabellen entnehmen. Die Anbringung der D-Korrektoren hat vor der Kompensation der Semicirkulardeviation zu geschehen, weil es nicht ausgeschlossen ist, dass in den Korrektoren von Natur feste Pole enthalten sind oder dass solche in ihnen durch die schiffsmagnetischen Kräfte oder durch die Kompensationsmagnete induziert werden.

Hat der Koeffizient E, wie es besonders unter den schwierigeren Umständen an Bord von Kriegsschiffen vorkommt, einen von Null verschiedenen Wert, so kann man ihn gleichzeitig mit D kompensieren, indem man die Verbindungslinie der Kugelmittelpunkte um einen Winkel α aus der Querschiffsrichtung herausdreht, so zwar, dass $tg\, 2\alpha = \frac{E}{D}$. Die Grösse und Entfernung der Kugeln ist in diesem Falle mit dem Werte $\sqrt{D^2 + E^2}$ auszunehmen. Bei positivem E ist die links befindliche, bei negativem E die rechts befindliche Kugel vorzuschieben.

Eine Kompensation der **konstanten Deviation** geschieht, wo sie überhaupt ausgeführt wird, nicht durch magnetisch wirkende Vorrichtungen, sondern durch Verlegen des Steuerstriches um den Betrag des A nach rechts oder links.

Nachdem die Quadrantaldeviation ausgeglichen ist, hat man zunächst die vertikale Weicheisenstange zur Kompensation der Horizontalkomponente der Vertikalinduktion, die sogen. Flinderstange, anzubringen. Über diese soll jedoch nicht hier, sondern später im Zusammenhange mit der übrigen Kompensation der Semicirkulardeviation das Nötige gesagt werden.

Eine ideale Kompensation des **Krängungsfehlers** würde fünf verschiedene Kompensationsvorrichtungen erheischen. In der That ist die Krängungsdeviation durch den Ausdruck gegeben

$$\delta_i - \delta = \frac{c-g}{2\lambda}\, i + \mathfrak{J}\, i \cos\zeta' - \frac{c+g}{2\lambda}\, i \cos 2\zeta'$$

$$= \mathfrak{J}\, i\cos\zeta' + \frac{c}{\lambda}\, i \sin^2\zeta' - \frac{g}{\lambda}\, i\cos^2\zeta',$$

$$\text{wo } \mathfrak{J} = \frac{eZ}{\lambda H} - \frac{kZ+R}{\lambda H}$$

ist. Zur Kompensation des g, das eine auf nördlichen und südlichen Kursen mit gleichem Zeichen behaftete Deviation erzeugt, würde eine horizontal längsschiffs mit dem einen Ende über oder unter dem Kompass liegende Stange einzuführen sein. Da g jedoch für gut und nicht zu nahe den Enden des Schiffes aufgestellte Kompasse klein ist, so sieht man von der Anbringung einer solchen Stange ab. Der Koeffizient c, der eine auf O- und W-Kurs ihr Maximum erreichende Krängungsdeviation er-

---

1) Vergl. den früheren Aufsatz „Die Ablenkung des Kompasses an Bord der Eisenschiffe" (d. Z. 3, 391, 1902), wo auch die übrigen im folgenden benutzten Bezeichnungen ihre Erklärung fanden.

2) Streng genommen, wird, besonders beim Gebrauche von Kugeln, gleichzeitig ein negatives a eingeführt; die mittlere Richtkraft ist deshalb auch etwas geringer, als oben angegeben.

zeugt, wird mit durch die Flinderstange kompensiert, falls eine solche angebracht ist. Durch die Flinderstange ist auch Gelegenheit gegeben, den Koeffizienten k teilweise mit zu kompensieren, indem man diese Stange entweder über die Stellung erhöht oder unter die Stellung senkt, in der sie eine rein horizontale Gesamtwirkung am Rosenorte ausübt.

Sehen wir jedoch von einer solchen Kompensation des k ab, so muss, damit das Hauptglied $\mathfrak{J}.i.\cos\zeta'$ der Krängungsdeviation verschwinde,

$$0 = eZ - (kZ + R)$$

sein. Bezeichnet Z' die gesamte vom Erd- und vom Schiffsmagnetismus am Kompassorte erzeugte Vertikalkraft, so ist

$$Z' = Z + kZ + R.$$

Es muss also, damit der Krängungskoeffizient $\mathfrak{J} = 0$ wird,

$$Z' = Z + eZ \text{ oder}$$

$$\frac{Z'}{Z} = 1 + e = 1 + \frac{a+e}{2} - \frac{a-e}{2} = \lambda - \lambda\mathfrak{D}$$
$$= \lambda(1 - \mathfrak{D})$$

sein.

Der mit der Breite stark veränderliche Teil $\frac{e.Z}{\lambda H}$ des Krängungskoeffizienten, der davon herrührt, dass vorher horizontale Eisenmassen durch die Krängung der Vertikalinduktion ausgesetzt werden, wird in wirksamer, für alle magnetischen Breiten gültiger Weise durch die Anbringung der D-Korrektoren fast ganz beseitigt. Durch diese Korrektoren wird die Querschiffsinduktion gleich der viel kleineren Längsschiffsinduktion ($e = a$) gemacht. Die Bedingung für das Verschwinden des $\mathfrak{J}$ wird demnach, falls D-Korrektoren angebracht sind,

$$\frac{Z'}{Z} = 1 + a = 1 + \frac{a+e}{2} + \frac{a-e}{2} = \lambda + \lambda\mathfrak{D}$$
$$= \lambda(1 + \mathfrak{D}),$$

wo λ und $\mathfrak{D}$ die ursprünglichen Werte dieser Grössen bedeuten.

Die Kompensation des nach Anbringung der D-Korrektoren verbleibenden Restes des Krängungskoeffizienten geschieht durch Anbringung eines Vertikalmagneten genau unter der Kompassmitte. Man führt sie aus, ohne das Schiff zu krängen, indem man zur Messung der Vertikalkräfte die Schwingungsdauer einer Vertikalnadel oder die Thomsonsche Vertikalkraftwage benutzt. Diese ist im wesentlichen eine Inklinationsnadel, die, bei der Beobachtung im magnetischen Meridian orientiert, durch ein verschiebbares Gewichtchen zum Gleichgewicht in horizontaler Lage gebracht wird. Der Abstand des Gewichtes von der Achse giebt unmittelbar die Grösse der zu messenden Vertikalkraft an. Zunächst beobachtet man die Einstellung (n) des Gewichtes an einem eisenfreien Orte am Lande und giebt dem Gewichte, wenn die Quadrantaldeviation nicht kompensiert ist, die Einstellung

$$n' = n.\lambda(1 - \mathfrak{D}),$$

wenn sie kompensiert ist, die Einstellung

$$n' = n.\lambda(1 + \mathfrak{D}).$$

Nachdem dann das Schiff zur Vermeidung eines Einflusses des Koeffizienten g auf magnetisch O- oder W-Kurs gelegt ist, bringt man das Instrument an die Stelle, an der sich sonst die Kompassnadeln befinden und verschiebt den Vertikalmagneten unter der Kompassmitte so lange, bis die horizontale Lage der Nadel erreicht ist. — Auch auf See kann die Vertikalkraftwage, wenn die Einstellung des Krängungsmagneten geändert werden muss, unter Benutzung einer Karte der Linien gleicher Vertikalintensität gute Dienste leisten.

Die Koeffizienten B und C der Semicirkulardeviation hängen mit der Längsschiffskraft P und der Querschiffskraft Q des festen Schiffsmagnetismus, sowie den Konstanten c und f der Vertikalinduktion durch die Formeln zusammen

$$\sin B = \mathfrak{B} = \frac{1}{\lambda}\left(c\,tg\,\Theta + \frac{P}{H}\right);$$
$$\sin C = \mathfrak{C} = \frac{1}{\lambda}\left(f\,tg\,\Theta + \frac{Q}{H}\right),$$

wo Θ die Inklination bedeutet.

Der Koeffizient f, dessen Vorhandensein unsymmetrisch verteiltes Eisen voraussetzen würde, kann als verschwindend angesehen werden. Die Kompensation des c geschieht durch eine vertikale[1]) in der Mittschiffsebene vor oder hinter dem Kompasse angebrachte Weicheisenstange. Diese Stange ist die älteste Kompensationsvorrichtung; seitdem Flinders sie angegeben, ist sie nie ganz in Vergessenheit geraten, doch hat erst W. Thomson ihr unter dem Namen „Flinders bar" zu allgemeiner Anwendung verholfen. Am Thomsonschen Kompass besteht diese Stange aus einem 8 cm dicken massiven Eisencylinder, der in einer Messinghülse untergebracht und seiner Länge nach in mehrere Stücke zerschnitten ist. Indem man die unteren Stücke fortnimmt und durch Holzklötze ersetzt, vermag man die Wirkung der Stange zu variieren. Für einen bekannten Wert des c lässt sich die Länge der anzuwendenden Flinderstange aus einer Tabelle entnehmen. Ihre Anbringung auf einem neuen Schiffe kann, da beobachtete Werte des c noch nicht vorliegen, nur eine versuchsweise

1) Die Worte „vertikal" und „horizontal" sollen im folgenden des bequemeren Ausdrucks wegen im Sinne von „senkrecht zum Deck" und „parallel zum Deck" gebraucht werden.

sein, wobei man die auf Schwesterschiffen oder ähnlichen Schiffstypen gemachten Erfahrungen heranziehen wird. Die Berichtigung der Kompensation hat dann durch den Schiffsführer zu geschehen, nach der Vorschrift: Wenn das Schiff nach Orten mit geringerer Vertikalkraft geht, so kompensiere man ein neu auftretendes B durch Verlegung der Längsschiffsmagnete; im entgegengesetzten Falle durch Verstärkung oder Schwächung der Flinderstange. Da c für die auf der Brücke moderner Schiffe aufgestellten Kompasse negativ ist, so ist die Flinderstange fast stets vor dem Kompasse anzubringen. Der Gebrauch der Flinderstange dehnt sich immer mehr aus; auf den Schiffen der Handelsmarine ist sie schon seit längerer Zeit als Bestandteil des Thomsonschen Kompasses eingeführt; auch die kaiserliche Marine beabsichtigt, nachdem genügende Beobachtungen vorliegen, die getrennte Kompensation der Bestandteile des B zu versuchen.[1])

Nachdem die Flinderstange angebracht ist, bleibt der Rest der Semicirkulardeviation durch feste Magnete zu beseitigen. Man bringt entweder einen einzigen Magneten unter dem aus der Gleichung $tg\,\alpha = \frac{\mathfrak{C}}{\mathfrak{B}}$ berechneten sogen. „Steuerbordswinkel" α zur Kielrichtung an, oder man kompensiert die beiden Komponenten P und Q einzeln. Das letztere Verfahren ist vorzuziehen. Die Magnete werden an Deck festgeschraubt oder in besonderen Öffnungen des Kompassständers untergebracht und zwar so, dass zur Vermeidung vertikaler Kräfte am Kompassorte die Mitten der Längsschiffsmagnete sich in einer durch die Kompassmitte gelegten Querschiffsebene, die Mitten der Querschiffsmagnete sich in der Mittschiffsebene befinden. Es gilt als Regel, dass die Entfernung der Magnete von der Rosenmitte mindestens gleich der doppelten Länge des Magneten sein soll.

Die Ausführung der Kompensation erfolgt empirisch, indem das Schiff mittels einer Peilscheibe auf die magnetischen Hauptkurse und zwar zur Kompensation des B auf den magnetischen O- oder W-Kurs gelegt wird. Man ordnet dann die Längsschiffsmagnete so an, dass das Schiff auch an der Rose O bezw. W anliegt. Entsprechend verfährt man auf magnetisch N- oder S-Kurs zur Kompensation des C.

Nachdem die Kompensation vollendet ist, hat man das Schiff nochmals herumzudrehen, um den etwaigen Rest der Deviationen zu beobachten und zu einer „Steuertabelle" zusammenzustellen.

Die Ausführung der Kompensation kann auch ohne jede Richtungsbestimmung, z. B. im Nebel und bei unsichtigem Wetter geschehen, und zwar dadurch, dass man die Richtkräfte auf den vier Hauptkursen N, S, O, W ausgleicht. Zur Messung der Richtkräfte bedient man sich der Ablenkungsmethode. Die verschiedenen Formen der Deflektoren, die man hierbei benutzt, und ihre Anwendung sollen in einem späteren Referate besprochen werden.

Die erfolgreiche Anwendung der im vorstehenden beschriebenen Kompensationsvorrichtungen, die im wesentlichen auf Vorschläge von Airy aus dem Jahre 1839 zurückgehen, ist erst durch die Einführung der Thomsonschen Kompassrose ermöglicht worden, bei deren Konstruktion der grosse Physiker die „vollkommene Anwendbarkeit der Kompensationsmethode des Astronomer Royal" als oberstes Ziel im Auge hatte.

Der Thomsonsche Kompass mit seinen Kompensationsvorrichtungen reicht allerdings nicht in allen Fällen aus. In den Panzertürmen der Kriegsschiffe müssten die Quadrantalkugeln häufig wegen der Grösse des D nicht nur übermässige Dimensionen annehmen, sie würden auch in ihrer Wirkungsweise selbst durch die umgebenden Eisenmassen wesentlich modifiziert werden. Der Peichlsche Kompass oder der ihm nachgebildete Kompensationskompass der Kaiserlichen Marine, die man an solchen Stellen mit Erfolg verwendet, erreichen die Kompensation der Quadrantaldeviation auf einem ganz anderen Wege. Während beim Thomsonschen Kompass eine Induktionswirkung der Nadelpole auf die Quadrantalkorrektoren sorgfältig vermieden und durch die alleinige Benutzung der erdmagnetischen Horizontalinduktion eine für alle magnetischen Breiten korrekte Kompensation des D erreicht wird, beruht die Wirkung der Quadrantalkorrektoren der letztgenannten Kompasse zum grössten Teile auf der Nadelinduktion, sie gilt daher nur für einen bestimmten Wert der Horizontalintensität. Um die Weicheisenmassen nahe genug an die Nadeln heranzubringen, sind sie am Kompasskessel selbst innerhalb der Kardanischen Aufhängung angebracht.

Beim Kompensationskompass unserer Marine, der hier als Beispiel beschrieben werden soll, ist der Kessel eines Fluidkompasses in der Höhe des Magnetsystems der Rose mit 32 gleichmässig im Kreise verteilten, radial verlaufenden Weicheisenstäben umgeben. Durch einen Mechanismus können diese Eisenstäbe je in ihrer Längsrichtung verschoben werden und zwar so, dass ihre inneren Enden entweder einen Kreis oder eine Ellipse von grösserer oder geringerer Excentrizität bilden. In der Nullstellung sind die inneren Enden aller Stäbe etwa 20 mm von der Rose entfernt; die Wirkung des Apparates besteht dann lediglich in einer beträchtlichen

1) Lehrbuch der Navigation, herausgeg. vom Reichs-Marine-Amt, Berlin (1901).

Verstärkung der mittleren Richtkraft. Werden die seitlichen Stäbe aber einwärts verschoben, so dass die inneren Enden aller Stäbe eine Ellipse um den Kompass bilden, so wird ausserdem eine kräftige negative Quadrantaldeviation ausgeübt, deren Grösse an einer Skala nach einer beigegebenen Tabelle bestimmt werden kann. Zur Kompensation eines etwa vorhandenen E lässt sich das ganze System der Kompensationsstäbe um etwa 25^0 nach jeder Seite der Mittschiffslinie verstellen. Eine konstante Deviation kann durch Drehung des inneren Kompasskessels um den Betrag des A aufgehoben werden. Die Kompensation der Krängungsdeviation geschieht in der gewöhnlichen Weise. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die Eisenstäbe, da sie bei der Krängung des Schiffes horizontal bleiben, nichts zur Beseitigung des Krängungsfehlers beitragen. Der Kompass erfordert vielmehr für sich selbst gleichsam eine Krängungskompensation, da bei Schwankungen des Kessels die Kompensationsstäbe der Induktion durch die Vertikalkraft ausgesetzt werden. Unter dem Kompasskessel ist deshalb ein kurzes Vertikalrohr zur Aufnahme eines sogen. Beruhigungsmagneten angebracht. Die Einstellung dieses Magneten ist dem jeweiligen Werte der Vertikalintensität entsprechend zu ändern.

Die Verhältnisse, unter denen der Kompass an Bord der Eisenschiffe seinen Dienst thun soll, sind bis heute stetig ungünstigere geworden, nicht nur auf den Kriegsschiffen, sondern auch auf den Fahrzeugen der Handelsmarine. So ist auf den modernsten Schnelldampfern der Hauptkompass zwar durch seine Aufstellung auf der Brücke 10 m über den Schiffsrumpf erhöht, dafür ist er aber von allen Seiten mit eisernen Brückenaufbauten umgeben.[1]) Da die heutige Kompensation den Veränderungen mit der magnetischen Breite nur unvollkommen und den Veränderungen durch halbfesten Magnetismus überhaupt nicht Rechnung zu tragen vermag, so liegt es auf der Hand, dass sie um so unvollkommener bleiben muss, je grösser die zu kompensierenden Koeffizienten sind. Man wird sich kaum dazu entschliessen, die Anzahl der Kompensationsmittel noch zu erhöhen, um so mehr aber ist zu wünschen, dass die grossen Reedereien im Plane ihrer Schiffe für einen guten Kompassort sorgen, indem sie nötigenfalls die nächste Umgebung aus Holz oder einem anderen unmagnetischen Material, etwa aus Nickelstahl, herstellen lassen.

1) Auf dem Dampfer „Kronprinz Wilhelm" waren z. B. zur Kompensation des Krängungsfehlers nicht weniger als elf Magnetstäbe erforderlich. Auf dem in Bau befindlichen Dampfer „Kaiser Wilhelm II." lässt der Norddeutsche Lloyd die in der Nähe des Kompasses stehenden Brückenaufbauten aus Nickelstahl und Holz herstellen.

(Eingegangen 29. April 1902.)

BESPRECHUNGEN.

Michael Faraday, Experimentaluntersuchungen über Elektrizität, IX. bis XI. Reihe (1835). Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. 126.) 106 S. mit 15 Figuren. Geb. M. 1,80. XII. und XIII. Reihe (1838). (Ostwalds Klassiker. 128.) 133 S. mit 29 Figuren. Geb. M. 2,—. Leipzig, W. Engelmann. 1901.

Es ist ein sehr verdienstliches Werk, die berühmten Experimentaluntersuchungen Faradays auch weiterhin bequem zugänglich zu machen, wie es hier nach den Poggendorffschen Übersetzungen und mit Anmerkungen des Herausgebers geschieht.

Heft 126, Reihe IX bis XI, bringt zunächst die Entdeckung der Erscheinungen der Selbstinduktion und deren systematische experimentelle Erforschung. Reihe X ist mehr der Vollständigkeit halber abgedruckt und enthält im wesentlichen in wenigen Paragraphen die Beschreibung einer verbesserten Form der Voltaschen Batterie. Von ganz besonderem Interesse aber ist die berühmte Reihe XI, in welcher Faraday seine so überaus grundlegenden Anschauungen über die Wirkung elektrischer Kräfte in die Ferne entwickelt, welche die scheinbare direkte Fernwirkung auf die Vorgänge in dem jeweiligen Medium zurückführt. Daran schliessen sich die berühmten Versuche mit dem Faradayschen Käfig und das Studium der spezifisch dielektrischen Eigenschaften der Körper.

Heft 128, Reihe XII und XIII, behandelt das Studium der verschiedenen Arten von elektrischer Entladung, ein Gebiet, das namentlich in der neuesten Zeit wieder Gegenstand eifrigster Forschung geworden ist und bei dessen Behandlung sich Faradays glänzender Forschergeist in der bewunderungswürdigsten Weise bethätigt. Es bietet daher gerade die Lektüre dieses Heftes um ihrer selbst willen und wegen der mannigfaltigen Beziehungen und Vorahnungen heutiger Anschauungen einen überaus grossen Genuss für jeden, der an der Entwicklung dieses Gebietes Anteil nimmt. E. Bose.

(Eingegangen 25. Mai 1902.)

Crew, Henry, and Tatuall, Robert R., A laboratory manual of physics for use in high schools. (Ein Laboratoriumshandbuch der Physik [zum Gebrauch in Hochschulen].)

With 128 fig. 8. XIII u. 234 S. 1902. New York, Macmillan Company. Gebunden.

Der amerikanische Hochschulunterricht ist in viel weitgehenderem Masse als der unsrige auf Übungen aufgebaut; so werden auch die Anfangsgründe der Physik dort vielfach nicht in Form eines Kollegs vorgetragen, sondern der Student wird in den ersten elementaren Übungen angeleitet, die Grundthatsachen der Physik durch möglichst einfache Experimente selbst zu finden; er wird selbst zum Entdeckungsreisenden in einem für ihn noch unbekannten Gebiete, wobei ihm nur hier und da der Weg schon vom Lehrer geebnet oder mit Wegweisern versehen ist. Ein solcher Wegweiser ist das vorliegende Büchlein, aus dem sich sicher auch für unseren deutschen Universitätsunterricht manche Anregung schöpfen lässt. Vor allem aber dürfte für Lehrer an Realgymnasien und Realschulen, in denen ja vielfach Schülerübungen abgehalten werden, in diesem Buche mancher nützliche Wink zu finden sein. Die Hauptgesichtspunkte der Verfasser sind folgende:

Der Energieaufwand von seiten des Lehrers soll möglichst klein sein.

Die Apparate sollen billig sein — da stets eine grosse Zahl gleichartiger Apparate vorhanden sein muss; sie sollen für den Lernenden leicht begreiflich sein und wenig Erklärung seitens des Lehrers erfordern.

Wie diese Bedingungen von den Verfassern erfüllt worden sind, und in welcher Art der Stoff angeordnet ist, wird am besten aus einem Beispiel klar:

„Übung 86.-Lichtbrechung.

Litteratur: (Hier sind einige Lehrbücher angegeben).

Apparate: Glasblock mit parallelen Flächen etwa 2,5 cm dick — wenn nicht vorhanden, genügen auch einige aufeinander geschichtete Glasplatten —; ebenes Holzbrett, rechtwinkliges Dreieck, Transporteur, Millimetermassstab, dünne Nadeln, Papier.

Problem: Es ist die Ablenkung des Lichtes beim Übergang von einem Medium in ein anderes zu untersuchen.

Versuche: Ziehe auf dem Papier eine Gerade LL'. Stelle den Glasblock hochkant, die Vorderseite genau auf LL'; diese Seite soll die brechende Fläche sein. Stelle eine Nadel senkrecht auf einen Punkt A in Berührung mit der Rückseite des Glases, eine zweite an irgendeinen Punkt B der Vorderseite in Berührung mit dieser. Sieh mit einem Auge durch das Glas, so dass A und B sich zu decken scheinen, und stelle eine dritte Nadel in dieselbe Richtung bei C einige Centimeter von B."

Es folgt dann eine Anleitung, aus dem durch die Nadeln auf dem Papier markierten Strahlengang mittels einiger Hilfslinien und durch Abmessung mit einem Massstab das Brechungsgesetz abzuleiten.

Von ähnlicher Einfachheit sind fast sämtliche Apparate; Ausnahmen bilden nur solche, die sich ohne Verzicht auf Brauchbarkeit nicht improvisieren lassen, wie z. B. Wage und Galvanometer. Bei derartigen Apparaten ist jedoch auf geeignete Bezugsquellen hingewiesen, wo dieselben in möglichst einfacher und preiswürdiger Ausführung erhältlich sind.

Auch die richtige Anordnung eines Beobachtungsjournals ist an zahlreichen Beispielen erläutert und dem Rechenschieber, der unter den deutschen Universitätsstudierenden merkwürdigerweise noch fast unbekannt ist — an den technischen Hochschulen ist er längst allgemein in Gebrauch —, ist ein ganzes Kapitel gewidmet. Den Schluss bildet eine Anzahl von Tabellen physikalischer Konstanten.

W. Kaufmann.

(Eingegangen 15. Juni 1902.)

J. H. van't Hoff, Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie. 1. Heft: Die chemische Dynamik. 2. Auflage. gr. 8. XI und 251 Seiten. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1902. M. 6,—.

Der Umstand, dass der 1898 erschienenen ersten Auflage nunmehr schon eine zweite gefolgt ist, bestätigt den tiefen Eindruck, welchen die eigenartige Behandlungsweise der theoretisch- und physiko-chemischen Probleme durch den berühmten Verfasser in weiten Fachkreisen gemacht hat.

Dem Umfange des Buches entsprechend kann und soll keine vollständige Behandlung der Lehre vom chemischen Gleichgewicht und von der Reaktionsgeschwindigkeit geboten werden, sondern es sollen vielmehr, dem ursprünglichen Zwecke der Vorlesung entsprechend, die Hauptpunkte des grossen Gebietes und ihre Zusammenhänge derart klar hervorgehoben und behandelt werden, dass ein eingehendes Studium des Buches den Schlüssel zum Verständnis auch aller Einzelheiten liefert. Der überaus klaren Darstellungsweise van't Hoffs zu folgen, erweist sich als ein ebenso grosser Genuss wie als auserlesenes Förderungsmittel zum Verständnis des Gegenstandes und kann deshalb zur Gewinnung eines grösseren Gesichtskreises und Überblickes wie auch zum Eindringen in die geheimsten Tiefen der chemischen Reaktionskinetik nur aufs wärmste empfohlen werden.

E. Bose.

Tagesereignisse.

Der Vorstand der deutschen Physikal. Gesellschaft versendet folgende Vorschläge für eine neue, dem jetzigen Stande der Wissenschaft besser angepasste Einteilung der Kapitel in den „Fortschritten der Physik". (Nach dem Entwurf

der von dem Vorstande der Deutschen Physikalischen Gesellschaft eingesetzten Kommission.)

Etwaige Äusserungen zu diesen Vorschlägen werden für die Abschnitte I bis VI an Dr. Karl Scheel, Wilmersdorf bei Berlin, Güntzelstr. 43, für die Abschnitte VII und VIII an Professor Dr. R. Assmann, Berlin N 65 Seestr. 61, erbeten.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.
2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.
3. Mass und Messen.
4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.
5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.
6. Hydromechanik.
7. Kapillarität.
8. Äeromechanik.

II. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.
2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.
3. Elektrochemie.
4. Photochemie.
5. Thermochemie.
6. Struktur. Krystallographie.

III. Akustik.

1. Physikalische Akustik.
2. Physiologische Akustik.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.
2. Quellen der Elektrizität.
3. Elektrostatik.
4. Masse und Messinstrumente.
5. Apparate.
6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.
7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.
8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.
9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz. Gasentladungen.
10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen.
11. Röntgenstrahlen.
12. Magnetismus.
13. Elektromagnetismus. Elektrodynamik. Induktion. Wechselströme. Halleffekt.
14. Elektrische Schwingungen. Feddersen. Hertz.
15. Elektro- und Magnetooptik.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.
2. Optische Apparate.
3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.
4. Interferenz. Beugung.
5. Polarisation. Doppelbrechung. Krystalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.
6. Emission. Absorption. Photometrie.
7. Lumineszenz (ausschl. Elektrolumineszenz.)
8. Photographie.
9. Physiologische Optik.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.
2. Kinetische Theorie der Materie.
3. Thermische Ausdehnung.
4. Temperaturmessung.
5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.
6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.
7. Wärmeleitung.

VII. Astrophysik.

1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.
2. Die Sonne.
3. Die Planeten und Monde.
4. Meteore und Meteoriten.
5. Zodiakallicht.
6. Kometen.
7. Fixsterne.
8. Nebelflecken und Sternhaufen.

VIII. Geophysik.

A. Physik der Lithosphäre.

1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.
2. Erdmessung.
3. Schweremessungen und Lotabweichungen.
4. Veränderlichkeit der geographischen Breite.
5. Boden- und Erdtemperatur.
6. Ortsbestimmungen.
7. Höhenmessungen.
8. Niveauveränderungen.
9. Erdbeben.
10. Vulkane.

B. Physik der Hydrosphäre.

1. Physik des Meeres.
2. Quellen und Grundwasser.
3. Seen.
4. Flüsse.
5. Gletscher und Eiszeit.

C. Physik der Atmosphäre (Meteorologie).

1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.
2. Bestandteile der Luft und Beimengungen.
3. Meteorologische Instrumente.
4. Sonnenstrahlung und Ausstrahlung.
5. Lufttemperatur.
6. Luftdruck.
7. Winde und Stürme.
8. Wasserdampf und Wolken.
9. Niederschläge.
10. Klimatologie und Witterungsgeschichte.
11. Praktische Meteorologie.
12. Dynamische Meteorologie.
13. Erforschung der oberen Luftschichten.
14. Meteorologische Optik.
15. Kosmische Einflüsse.
16. Das elektrische Feld der Erde. (Luftelektrizität, Gewitter.)
17. Das magnetische Feld der Erde.
18. Zusammenhang des elektrischen und magnetischen Feldes der Erde. (Erdströme, Polarlichter.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An Stelle des nach Tübingen berufenen Professors Dr. W. Wislicenus in Würzburg wurde der Privatdozent Dr. Tafel zum a. o. Professor ernannt; es wurde ihm als Lehraufgabe die analytische Chemie übertragen.

Der Mathematik-Professor Krazer in Strassburg, früher in Würzburg, hat einen Ruf an das Polytechnikum in Karlsruhe erhalten und angenommen.

Der Privatdozent an der Budapester Universität, Adjunkt am chemischen Institut, Dr. Ludwig Winkler wurde zum a. o. Professor der Chemie daselbst ernannt.

Dem Assistenten am chemischen Institut und Privatdozenten für pharmazeutische Chemie an der Technischen Hochschule in Darmstadt Dr. Georg Heyl ist das Prädikat Professor verliehen worden.

Der Professor der Chemie, Physik und Pharmakognosie Geh. Hofrat Dr. O. Schmidt in Stuttgart tritt mit Ende dieses Semesters in den Ruhestand.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 24. | 15. September 1902. | 3. Jahrgang.

Redaktionsschluss für Jahrgang IV. No. 1 am 24. September 1902.

INHALT.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die gemeinsame Dimensionalität des elektrischen Potentials und der Oberflächenspannung.

Von N. A. Hesehus.

§ 1. Allgemeines System der elektrischen und magnetischen Einheiten von Joubin.

Sämtliche elektrischen und magnetischen Grössen können, wie bekannt, im elektrostatischen Masssysteme durch vier Fundamentalgrössen ausgedrückt werden, nämlich durch die drei mechanischen Grundeinheiten — Länge, Masse, Zeit (L, M, T oder c, g, s) und die sogenannte Dielektrizitätskonstante, den Koeffizienten der dielektrischen Induktionsfähigkeit (k). Als Ausgangspunkt wählt man dabei das Gesetz von Coulomb (oder Cavendish) $F = \frac{1}{k} \cdot \frac{m m'}{r^2}$ (man könnte statt dessen auch $m = k u_1 = k u r$ schreiben, wo m die Elektrizitätsmenge, u das Potential bedeutet). Im elektromagnetischen Masssysteme hat man ausser den drei mechanischen Grundeinheiten, noch die magnetische Permeabilität, den Koeffizienten der magnetischen Induktionsfähigkeit (μ) einzuführen. (Derselbe findet sich nach dem Coulombschen Gesetze $F = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\mathfrak{m}\mathfrak{m}'}{\mathfrak{r}^2}$ oder der Relation $\mathfrak{m} = \mu \mathfrak{A}' = \mu \mathfrak{A}\mathfrak{r}$). Diese Abhängigkeit wird für einige der wichtigeren elektrischen und magnetischen Grössen durch folgende Dimensionsformeln wiedergegeben (Näheres über diesen Gegenstand bei W. Rücker, On the suppressed dimensions of physical quantities. Phil. Mag. S. 104, 1889 und J. Borgmann, Die Grundlagen der Lehre von den elektrischen und magnetischen Erscheinungen [russ.] II).

Tabelle I.

	Elektrostatisches Masssystem	Elektromagnetisches Masssystem
Elektrizitätsmenge m	$K^{1/2} L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}$	$\mu^{-1/2} L^{1/2} M^{1/2}$
Stromstärke . . . i	$K^{1/2} L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}$	$\mu^{-1/2} L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}$
Magnetismusmenge . . . . . $\mathfrak{m}$	$K^{-1/2} L^{1/2} M^{1/2}$	$\mu^{1/2} L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}$
Widerstand . . . R	$K^{-1} L^{-1} T$	$\mu L T^{-1}$
Elektromot. Kraft e (Potential) . . . . u	$K^{-1/2} L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}$	$\mu^{1/2} L^{3/2} M^{1/2} T^{-2}$
Kapazität c	KL	$\mu^{-1} L^{-1} T^2$

Geht man von der Hypothese aus, dass „die elektrischen und magnetischen Grössen von derselben Art sein müssen, wie die mechanischen", so lässt sich, wie Joubin gezeigt hat (Journ. d. phys. **1896**, 398 und **1897**, 57), die Dimensionalität der Koeffizienten k und μ auf Grund einfacher Annahmen finden; man kann dann auch die elektrischen und magnetischen Grössen nur mit Hilfe von Länge, Masse und Zeit ausdrücken.

Führt man nämlich die Bedingung ein, dass die Exponenten von M und L in den Dimensionsformeln der elektrischen und magnetischen Grössen ganze Zahlen sein sollen, — wie dies für die mechanischen Grössen gilt — und wählt man von den verschiedenen Kombinationen, welche dieser Bedingung genügen, diejenige aus, bei welcher k und μ einen gewissen mechanischen Sinn erhalten, so findet man

$$[k] = [L M^{-1} T^2] \text{ und } [\mu] = [L^{-3} M].$$

Hier entspricht also k dem reziproken Werte des Elastizitätskoeffizienten $\left(\frac{1}{k} = L^{-1} M T^{-2} = L M T^{-2} : L^2\right.$ ist gleich der auf die Flächeneinheit wirkenden Kraft) und μ stellt eine gewisse Dichte dar (Masse der Volumeneinheit).

Setzt man die gefundenen Ausdrücke für k und μ in die Formeln der Tabelle I ein, so erhält man an Stelle der beiden Masssysteme, des elektrostatischen und elektromagnetischen, ein einziges, nämlich:

Tabelle II.

Elektrizitätsmenge	m	L^2	Oberfläche.
Elektromotorische Kraft (Potential)	$\left.\begin{matrix} e \\ u \end{matrix}\right\}$	$M\,T^{-2}$	Oberflächenspannung (Energie der Oberflächeneinheit).
Kapazität	c	$L^2\,M^{-1}\,T^2$	
Intensität des elektrischen Feldes	H	$L^{-1}\,M\,T^{-2}$	Druck oder Energie der Volumeneinheit.
Stromstärke	i	$L^2\,T^{-1}$	
Stromdichte	$\left(\frac{i}{s}\right)$	T^{-1}	Winkelgeschwindigkeit.
Widerstand	R	$L^{-2}\,M\,T^{-1}$	
Spezifischer Widerstand	$\varsigma = \frac{Rs}{l}$	$L^{-1}\,M\,T^{-1}$	
Magnetismusmenge	$\mathfrak{m}$	$M\,T^{-1}$	
Intensität des magnetischen Feldes	$\mathfrak{H}$	$L\,T^{-1}$	Lineare Geschwindigkeit.
Magnetisches Potential	$\mathfrak{A}$	$L^2\,T^{-1}$	Energie der Einheit der Magnetismusmenge.

In vorstehender Tabelle fällt zunächst der Umstand auf, dass in den Dimensionsformeln für die elektrostatischen Grundeinheiten die Zeit in der Potenz —2 vorkommt, während bei den elektromagnetischen Grössen T den Exponenten —1 hat. Erstere hängen danach gewissermassen von der Beschleunigung ab, letztere von der Geschwindigkeit. Die Intensität des elektrischen Feldes stellt nach unserer Tabelle einen Druck dar, diejenige des magnetischen Feldes eine Geschwindigkeit der Wirbelbewegung des elektrischen Stromes, dessen Dichte einer Winkelgeschwindigkeit entspricht.

Es liessen sich aus den erwähnten Formeln noch viele andere interessante Schlüsse ziehen; vergisst man dabei auch nicht, dass sie nur bedingungsweise erhalten wurden, so muss man ihnen doch den Vorzug vor anderen komplizierten oder völlig willkürlichen geben (wie denen mit den Koeffizienten $k = 1$ und $\mu = 1$).

Aus den Joubinschen Dimensionsformeln für k und μ erhält man direkt die bekannte Maxwellsche Relation $\sqrt{k\mu} = \frac{1}{v}$. Diese Gleichung ergiebt $v = \sqrt{(1:k):\mu}$, ein Analogon zum Newtonschen Ausdruck für die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Schwingungsbewegung ($v = \sqrt{e:d}$). Hieraus sieht man, dass die Dimension von $\frac{1}{k}$ einer Elastizität (e), diejenige von μ— einer Dichte (d) entspricht. (Dieselbe Beziehung erhält man auch direkt aus Tabelle I, wenn man beliebige Formeln, welche derselben elektrischen oder magnetischen Grösse entsprechen, einander gleichsetzt. Wählt man z. B. die Formeln für die Kapazität (c), so ist $kL = \mu^{-1} L^{-1} T^2$, also $[k\mu] = L^{-2} T^2 = [1 : v^2]$. Dasselbe erhielte man auch aus anderen entsprechenden Formeln.)

Ferner ist auffallend, dass sich für die Elektrizitätsmenge dieselbe Dimension ergiebt, wie für eine Oberfläche; man kann sich das folgendermassen erklären. Die auf einem Körper vorhandene Elektrizitätsmenge beurteilt man unter anderem nach dem Potential, welches von dem Körper im umgebenden Medium in der Einheit der Entfernung hervorgerufen wird. Ist ein massiver oder hohler Körper gegeben, so nimmt man die Elektrizitätsmengen auf ihnen als gleich an, sobald nur ihre Oberflächen einander gleich sind und beide Körper auf dasselbe Potential geladen sind, denn ein Elektroskop zeigt in beiden Fällen die gleiche Ablenkung an, entsprechend dem Umstande, dass zwei Körper von gleicher Oberfläche und Temperatur in der gleichen Entfernung dieselbe Temperatur erzeugen.

Sobald man jedoch anstatt einer elektrisierten Kugel in gleichem Abstande vom Knopfe des Elektroskops zwei gleiche Kugeln aufstellt, so zeigt das Elektroskop das doppelte Potential an, entsprechend der doppelten Ladung. — Bringt man den gegebenen elektrisierten Körper aus der Luft in ein anderes Medium, so ändert sich das Potential in der Einheit der Entfernung; da man aber annimmt, die Elektrizitätsmenge auf dem Körper sei die frühere geblieben, so hat man jenes Potential mit einem gewissen Faktor k (der Dielektrizitätskonstanten) zu multiplizieren, um die Relation $\mathfrak{m} = k u_1$ anschreiben zu können. Die andere Methode zum Nachweise und Messung der Elektrisierung mittels eines Probescheibchens giebt im Grunde nichts anderes als das Resultat, dass ausserhalb des Körpers ein elektrisches Feld existiert und dass im Innern des Körpers das Potential in allen Punkten das gleiche ist. Man kommt also durch diese Versuche nur zu einem Schlusse über die Elektrizitätsverteilung auf der äusseren Oberfläche eines Körpers. Dasselbe würde man beispielsweise hinsichtlich der Wärmeverteilung erreichen, falls man nur mit einem Differentialthermometer experimentieren wollte (Näheres über die Analogie zwischen den elektrischen und kalorischen

Erscheinungen bietet mein entsprechender Artikel im Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. für 1897). So führen also die Methoden, nach welchen wir die elektrischen Erscheinungen untersuchen, zu Schlüssen über die oberflächliche Verteilung der Elektrizität. Demgemäss ist das Resultat, nach welchem die Elektrizitätsmenge von der gleichen Dimension ist, wie die Fläche (L^2), von gewisser Bedeutung. Hieraus folgt auch, dass die elektrische Dichte (δ) ein einfacher numerischer Koeffizient ist.

Noch mehr Aufmerksamkeit verdient die Dimensionalität des Potentials und der elektromotorischen Kraft. Aus Tabelle II geht hervor, dass das Potential von derselben Dimension ist, wie die Energie der Oberflächeneinheit oder die Oberflächenspannung. Hieraus erhält man die Dimensionalität für die Energie der Gesamtoberfläche eines elektrisierten Körpers, wenn man die Energie der Flächeneinheit mit der Grösse dieser Oberfläche oder das Potential mit der Elektrizitätsmenge multipliziert $\left(\frac{m\,u}{2}\right)$. Hierbei überrascht neben der Bedeutung, welche das vorliegende Masssystem in mnemonischer Hinsicht hat, das Zusammenfallen des erhaltenen Resultates mit demjenigen der direkten Versuche und einiger theoretischen Schlüsse, wie sie in meinem Artikel: Über den Zusammenhang zwischen Berührungselektrizität und Oberflächenspannung (Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. S. 126, 1899; diese Ztschr. **2**, 750, 1901) angeführt sind. Hier haben wir gesehen, dass elektromotorische Kraft und Oberflächenspannung von derselben Dimension sind; im citierten Artikel habe ich gezeigt, dass man unter der Annahme, die Ursache für die Elektrisierung liege in einer Störung des Gleichgewichts zwischen Körper und umgebenden Medium, zum Schlusse gelangen könne, zwischen der elektrischen Differenz und der Oberflächenspannung der sich berührenden Körper sei ein gewisser Zusammenhang vorhanden. Dieser vermutete Zusammenhang wird durch zahlreiche Versuchsdaten gestützt; bei der gegenseitigen Berührung zweier Körper wird derjenige von ihnen elektropositiv, dessen Oberflächenspannung die grössere ist, welcher Satz in gleicher Weise für flüssige, wie für feste Körper gilt. Es sei hier nur als Beispiel poliertes und mattes Glas erwähnt. — Auf den Zusammenhang zwischen der Oberflächenspannung und Elektrisierung weisen auch die bekannten Lippmannschen Versuche (Journ. de phys. 1874) über elektrokapillare Erscheinungen und die Untersuchungen von Smith (cf. Beibl. S. 496, 1899) über die elektrokapillaren Erscheinungen in Abhängigkeit von der Potentialdifferenz bei Lösungen hin. Alles dies zusammengenommen erhöht die Bedeutung des neuen gemeinsamen Systems der elektrischen Einheiten und verleiht ihm einen gewissen Wahrscheinlichkeitsgrad.

§ 2. Schrebers kritische Bemerkungen zum Joubinschen System.

Ungeachtet dieses Wahrscheinlichkeitsgrades, welchen das Joubinsche System besitzt, kommt Schreber (Wied. Ann. **68**, 606, 1899) zu dem Schlusse, dass man auf die Frage, ob die Einheiten für die magnetischen und elektrischen Grössen durch Masse, Länge und Zeit ausdrückbar seien, nur mit einem — Nein — antworten könne.

Verweilen wir daher bei der Beweisführung von Schreber und sehen wir zu, ob diese Frage wirklich durchaus zu verneinen ist.

Die elektrischen Grössen gehen thatsächlich auf die drei erwähnten Fundamentalgrössen der Mechanik zurück, insofern die elektrischen und magnetischen Wechselwirkungen mittels der Wage bestimmt werden können. Auf diese Weise erhält man vier Ausdrücke für die Kraft der elektrischen und magnetischen Wechselwirkungen:

1. $F = \alpha \frac{\mathfrak{m}\,\mathfrak{m}'}{r^2}$ (Coulombsches Gesetz der Wechselwirkung von Magnetpolen),
2. $F = \beta \frac{m\,m'}{r^2}$ (Coulombsches Gesetz der Wechselwirkung von elektrischen Polen),
3. $F = \gamma \frac{i\,i'\,\lambda\,\lambda'}{r^2} = \gamma \frac{m\,m'\,\lambda\,\lambda'}{t^2\,r^2}$, da nach der Definition die Stromstärke $i = \frac{m}{t}$ ist. (Ampèresches Gesetz der Wechselwirkung zweier Stromelemente),
4. $F = \delta \frac{\mathfrak{m}\,i\,\lambda}{r^2}$ (Gesetz von Biot und Savart oder von Laplace).

Hieraus ergiebt sich

$$[\beta] = [\gamma\,v^2] \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{(a)}$$

und

$$[\alpha\,\gamma] = [\delta^2] \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{(b)}$$

Zur Bestimmung der vier Koeffizienten α, β, γ und δ sind somit im ganzen zwei Gleichungen (a) und (b) vorhanden.

Da uns in der Elektrizitätslehre keine weiteren Gleichungen für unsern Zweck dargeboten werden, so hat man zur Lösung der Frage notwendigerweise zu zwei willkürlichen Relationen seine Zuflucht zu nehmen. Man kann sich bei dieser Auswahl nur durch die Forderung leiten lassen, die gewählten Beziehungen mögen nach Möglichkeit zweckentsprechend sein.

§ 3. Verschiedene Umstände, welche zu Gunsten der Zurückführung der elektrischen und magnetischen Einheiten auf die drei mechanischen Grundeinheiten sprechen.

Sehen wir nunmehr zu, ob die vorliegende Frage in der That so durchaus abzulehnen ist, wie Schreber meint, oder ob es nicht doch möglich ist, auf Grund der theoretischen und praktischen Ergebnisse, zu denen die Wissenschaft heutigentags gelangt ist, eine Lösung derselben zu finden.

1. Untersuchen wir zunächst, zu welchen Resultaten der bekannte Maxwellsche Ausdruck $k\mu = \frac{1}{v^2}$ führt, den man jedenfalls in Betracht zu ziehen hat, welchen Sinn man ihm auch immer beilegen mag. Man kann ihn auch, wenigstens im Hinblick auf die Dielektrizitätskonstante k, als durchs Experiment genügend sichergestellt betrachten.

Zieht man ihn aber heran, so findet man noch eine weitere Beziehung zwischen den gesuchten Koeffizienten, nämlich zwischen $\alpha = \frac{1}{\mu}$ und $\beta = \frac{1}{k}$. Zu den beiden Gleichungen

(a) $$\beta = \gamma v^2 \text{ oder } k\gamma = \frac{1}{v^2}$$

und

(b) $$\alpha\gamma = \delta^2 \text{ oder } \frac{\gamma}{\mu} = \delta^2$$

tritt dann noch die dritte Gleichung

(c) $$k\mu = \frac{1}{v^2}$$

hinzu. Aus ihnen findet man $\mu = \gamma$ und $\delta = 1$. Ferner kann man auf die Dimensionalität von k und μ einen Schluss ziehen oder eine Vermutung darüber aussprechen auf Grund des Umstandes, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit v der elektromagnetischen Störungen ebenso, wie diejenige anderer Störungen mit der Elastizität (e) und der Dichte (d) des Mediums im Zusammenhang stehen muss, dass nämlich $v = \sqrt{e:d}$ ist. Dementsprechend kann auch der Maxwellsche Ausdruck in der Form $v = \sqrt{1:k\mu} = \sqrt{(1:k):\mu}$ oder $v = \sqrt{(1:\mu):k}$ dargestellt werden.

Welchen dieser beiden Ausdrücke hat man nun aber zu wählen, soll man die Dimension von $\frac{1}{k}$ der Elastizität entsprechen lassen, diejenige von μ der Dichte oder umgekehrt? — Auf diese Frage kann eine einfache Probe und eine Vergleichung der erhaltenen Resultate Antwort geben. Freilich ist dies kein direkter Weg, wie die einfache Auflösung der Gleichungen und wie ihn Schreber wünscht, er ist jedoch keineswegs willkürlich.

2. Der Weg, welchen Joubin einschlug, ist, wie wir wissen, dem eben bezeichneten entgegengesetzt. (cf. Logde, Modern views etc.) Joubin ging, wie auch andere, direkt von der Annahme aus, es sei $\delta = 1$ zu setzen und erhielt demgemäss den Maxwellschen Ausdruck $k\mu = \frac{1}{v^2}$ als Folge. Seine Grundannahme ist, wie erwähnt die, dass die elektrischen und magnetischen Grössen von derselben Art sein müssen, wie die mechanischen und sich daher durch ganzzahlige Potenzen von L, M und T ausdrücken lassen müssen.

Durch Aufsuchung der einfachsten Bedingungen, welche seiner Forderung genügen, gelangte er zu seinem Masssystem (Tabelle II).

Es fragt sich jetzt, inwieweit begründet die allbekannten elektrostatischen und elektromagnetischen Masssysteme mit zwei unbestimmten Koeffizienten k und μ (oder β und α) sind, wobei $\delta = 1$ und $\gamma = \mu$ gesetzt sind. Dass der Koeffizient δ in der Formel von Laplace für die Wechselwirkung zwischen einem Magnetpol und einem Stromelement vom Medium und den in ihm enthaltenen Körpern unabhängig und immer derselbe ist, wie in der Luft, wird u. a. direkt von Vaschy (Traité d'electricité et de magnetisme, **1**, 514, 1890) bewiesen. Auch durch das Experiment wird die Unabhängigkeit des Koeffizienten δ von den Eigenschaften des Mediums bestätigt. Man sieht somit, dass die Annahme, δ sei eine Konstante, keineswegs willkürlich ist. Ist dem aber so, dann darf man auch die Joubinsche Zurückführung der elektrischen oder magnetischen Grössen auf mechanische nicht als unbegründet gelten lassen.

Vaschy (loc. cit. S. 330) hat auch gezeigt, dass, wenn man mit Ampère annimmt, die Kraft der gegenseitigen Einwirkung der Stromelemente ds und ds' wirke in ihrer Verbindungsgeraden, man aus den Grundgesetzen des Elektromagnetismus auch einen Ausdruck für diese Kraft ableiten könne, nämlich $d^2 F = \frac{i i' ds ds'}{k' r}$ $(2 \cos \varepsilon - 3 \cos \Theta \cos \Theta')$. Ampère gelangte durch andere Überlegungen zu der Formel

$$d^2 F = k''' \frac{i i' ds ds'}{r^2} \left(\cos \varepsilon - \frac{3}{2} \cos \Theta \cos \Theta'\right).$$

Durch Vergleichung dieser beiden Ausdrücke findet man $k''' = \frac{2}{k'}$ oder $k' k''' = 2$ und da $k' = \frac{1}{\mu}$ ist — $k''' = \gamma$. Es ist also $\frac{\gamma}{\mu}$ eine Konstante.

Es müssen folglich γ und μ von derselben Dimension sein, was die vorhin erhaltene Gleichheit $[\gamma] = [\mu]$ für $\delta = 1$ bestätigt. (Von dem Zusammenhange zwischen den Koeffizienten der elektrodynamischen und elektromagnetischen Gleichungen handelt auch P. Duhem, Leçons sur l'électricité et le magnétisme **3**, 433, 1892).

3. Man kann endlich zu demselben allgemeinen elektrischen und magnetischen Masssysteme noch auf einem anderen Wege gelangen.

Dieser dritte Weg eröffnet sich uns, wenn man von der offenbaren Thatsache ausgeht, dass das elektrostatische und elektromagnetische Masssystem in eines verschmelzen müssen, wenn man annimmt, die Koeffizienten k und μ seien ausgedrückt durch dieselben beliebigen Grundeinheiten.

Setzt man also die Ausdrücke für irgend eine elektrische oder magnetische Grösse einander gleich, so erhält man einen Zusammenhang zwischen k und μ. Wählt man z. B. hierfür die Ausdrücke für die Kapazität c aus Tabelle I, so erhält man die Gleichung

$$k\,L = \mu^{-1}\,L^{-1}\,T^2$$

und aus dieser

$$k\,\mu = L^{-2}\,T^2 = \left(\frac{1}{v^2}\right)$$

d. h. die Dimension des Produkts $k\,\mu$ wird hiernach gleich der Dimension des reziproken Geschwindigkeitsquadrats $\left(\frac{1}{v^2}\right)$. Zu demselben Resultate würde man bei Wahl jeder anderen Grösse gelangt sein. Man erhält also den Maxwellschen Ausdruck $k\,\mu = \frac{1}{v^2}$ als unmittelbare Folge der von uns gemachten dritten Annahme. Um zu unserem Endziel zu gelangen, haben wir uns nur noch dafür zu entscheiden, welche von den Grössen $\frac{1}{k}$ und μ oder $\frac{1}{\mu}$ und k wir der Elastizität und Dichte in der Formel

$$v = \sqrt{e:d} = \sqrt{1:k\mu} = \sqrt{(1:k):\mu} = \sqrt{(1:\mu):k}$$

entsprechen lassen wollen. Wir wissen bereits, dass die Zusammenstellung der Resultate uns veranlasst, die erste Annahme gelten zu lassen, dass also $\left[\frac{1}{k}\right] = [e] = [LMT^{-2}:L^2] = [L^{-1}MT^{-2}]$ ist und $[\mu] = [ML^{-3}]$. Als besondere Stütze für diese Auswahl dient, wie mir scheint, der von mir gefundene Zusammenhang zwischen der Elektrisierung (Potentialdifferenz) sich berührender Körper und ihrer Oberflächenspannung[1]), da im gemeinsamen Masssystem der elektrischen und magnetischen Grössen (Tabelle II) das Potential (also auch die Potentialdifferenz) die Dimension der Oberflächenspannung ($MT^{-2} = LMT^{-2}:L$) oder der Energie der Oberflächeneinheit ($MT^{-2} = L^2MT^{-2}:L^2$) besitzt.

Von unserem Standpunkte aus betrachtet, auf welchen seinerzeit Buys-Ballot hingewiesen hat und welcher unlängst von Majorana (Arch. des sc. phys. 1899 August) gestützt worden ist, muss sogar die Elektrisierung durch eine Differenz der Oberflächenenergie der sich berührenden Körper bedingt sein, weil sonst, wenn die Energie der Flächeneinheit für jeden von ihnen die gleiche wäre, es keinen Grund für den Ausgleich des Zustandes der sich berührenden Körper gäbe; es wäre dann auch kein Grund dafür vorhanden, weshalb der frühere Zustand, welcher einem Gleichgewicht gegenüber dem umgebenden Medium entspricht, gestört werden sollte, — also würde dann auch eine Elektrisierung nicht auftreten.

(Nach den „Iswestija" des St. Petersburger Technolog. Instituts unter Vornahme vom Autor gewünschter Kürzungen übersetzt von H. Pflaum.)

(Eingegangen 22. Juli 1902.)

1) Vergl. diese Zeitschrift **2**, 750, 1901.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität St. Petersburg (Direktor: J. Borgmann.)

No. 3[1]): J. Borgmann. Das Leuchten eines verdünnten Gases in einer Röhre rings um zwei der Röhrenachse parallel gezogene und an einen Induktorpol angeschlossene Drähte.

In vorliegender Mitteilung beabsichtige ich, eine Beschreibung zu geben von äusserst schönen Lichterscheinungen derselben Art, wie die von mir in dieser Zeitschrift[2]) schon beschriebenen. Diese Lichterscheinungen treten in Röhren auf, in welchen parallel der Achse zwei dünne Drähte eingeschmolzen sind, wenn beide Drähte an einen Induktorpol angeschlossen sind, oder wenn nur einer der Drähte an den Induktorpol angeschlossen ist, der andere Draht hingegen mit einer Kapazität verbunden ist. Meine Beobachtungen, bei deren Ausführung mir Herr A. P. Afanassieff in liebenswürdigster Weise behilflich war, wurden an einer Röhre von 75 cm Länge und 4,6 cm Durchmesser angestellt. Die Distanz zwischen den in die Röhre eingeschmolzenen Platindrähten war nur ein wenig kleiner als der Röhrenradius. Auf der äusseren (vom Beobachter abgewandten) Röhrenwandung war parallel den Drähten und ungefähr zwischen denselben ein enger Stanniolstreifen aufgeklebt. In dieser Röhre, ebenso wie in einer Röhre mit nur einem Draht, sind die auftretenden Lichterscheinungen auffallend verschieden, je nachdem die Evakuierung eine mässige ist und die Spannung einige Millimeter beträgt, oder die Verdünnung so weit getrieben ist, dass die Gasspannung nur sehr kleine Bruchteile eines Millimeters beträgt.

I. Die Gasspannung in der Röhre beträgt einige (4—6) Millimeter. Den Induktorpolen ist eine Funkenstrecke parallel geschaltet.

a) Beide Drähte sind an den positiven Induktorpol angeschlossen. Wenn der Stanniolstreifen nicht geerdet ist, so erscheinen auf beiden Drähten unbewegliche (bei gleich-

1) No. 2. Siehe **3**, 433, 1902.
2) Diese Z. **2**, 659, 1901, **3**, 433, 1902.

mässigem Funktionieren des Unterbrechers) violettleuchtende Linsenteile, welche von den Drähten ausgehend zu den gegenüberliegenden Teilen der Glaswandung führen; die Linsenteile sind ziemlich regelmässig längs der Drähte verteilt, dabei liegen aber die einem Draht angehörenden Linsenteile nicht denen des anderen Drahtes gegenüber, sondern sind gegen dieselben verschoben. Der Raum zwischen den Drähten bleibt dunkel. Fig. 1 ist eine Auto-

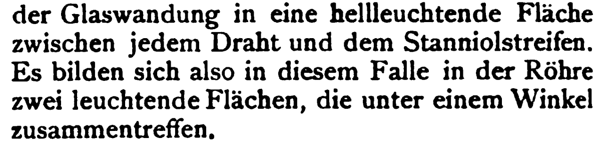


Fig. 1.

typie nach einer photographischen Aufnahme eines Teiles dieser Erscheinung. Wenn der Stanniolstreifen geerdet wird, verwandeln sich diese Linsenteile in helle violettleuchtende konische Lichtbündel, die von den Drähten ausgehend einerseits zum Stanniolstreifen, andererseits zur gegenüberliegenden Glaswandung gerichtet sind. Ein kräftiges Magnetfeld, dessen Kraftlinien senkrecht zur Röhrenachse stehen, bewirkt ein Neigen der Linsenteile auf beiden Drähten nach derselben Seite hin, ebenso wie man es in einer Röhre mit nur einem Draht beobachten kann.[1])

b) Beide Drähte sind an den negativen Induktorpol angeschlossen. Bei nicht geerdetem Stanniolstreifen erscheint der Raum zwischen jedem seiner ganzen Länge nach leuchtenden Draht und den ihm nächsten Teilen der Glaswandung von einem schwach leuchtenden Nebel erfüllt; der Raum zwischen den Drähten bleibt dabei vollständig dunkel (Fig. 2). Bei geerdetem Stanniolstreifen verwandelt sich das nebelartige Leuchten zwischen jedem Draht und den nächstliegenden Teilen

1) Diese Z. 3, 435, 1902.



der Glaswandung in eine hellleuchtende Fläche zwischen jedem Draht und dem Stanniolstreifen. Es bilden sich also in diesem Falle in der Röhre zwei leuchtende Flächen, die unter einem Winkel zusammentreffen.

c) Der eine (obere) Draht ist mit dem positiven Induktorpol verbunden; an den unteren Draht ist ein Stück dünnen Drahtes (Länge circa 1 m) angeschlossen, das frei herunterhängt. Der Stanniolstreifen ist nicht geerdet. Auf dem oberen Drahte bilden sich leuchtende Linsen, die aber auf diesem Drahte nicht centrisch stehen, sondern in der Richtung des unteren Drahtes stärker entwickelt sind. Diese Linsen schneiden den unteren Draht und erreichen selbst die untere Glaswandung. Dort, wo die Linsen den unteren Draht schneiden, bemerkt man ein helleres Leuchten der letzteren. Der untere Draht gleicht dabei einem leuchtenden dicken Faden mit gleichmässig verteilten dunkleren Einschnürungen. Fig. 3 ist ein Teil einer photographischen Aufnahme der beschriebenen Erscheinung (Exposition 2 Minuten). Auf der Figur sieht man den Stanniolstreifen, in welchem sich die Erscheinungen spiegelten. Die helleren Teile des Streifens sind nur Spiegelbilder der Lichtlinsen.

Ein Magnetfeld, dessen Kraftlinien senkrecht zur Röhrenachse stehen, bewirkt ein Neigen der Linsen. Fig. 4 giebt einen Teil einer photographischen Aufnahme der Erscheinung wieder. Der Elektromagnet stand unter der Röhre; die Kraftlinien sind vom Beobachter ab gerichtet.

Wenn man den in der Luft frei hängenden Draht mit einer Platte eines Kohlrauschschen Kondensators verbindet, dessen andere Platte geerdet ist, so bemerkt man ein Aufleuchten der zwischen den Drähten befindlichen Linsenteile. Wenn die Kapazität das Kondensators wächst, also dessen Platten einander genähert werden, deformieren sich allmählich die auf dem oberen Draht verteilten Linsen und gehen in die Form von Büscheln über, welche vom oberen Draht zum unteren verlaufen. Wenn die an den unteren Draht angeschlossene Kapazität kleiner gemacht, der angehängte Draht also verkürzt wird, so werden die auf dem oberen Draht verteilten Linsen immer symmetrischer in Bezug



Fig. 2.

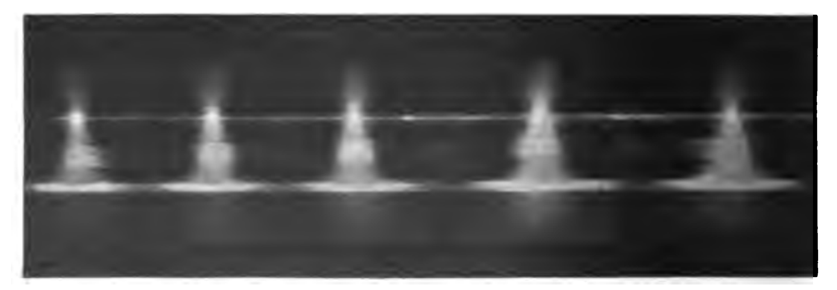


Fig. 3.

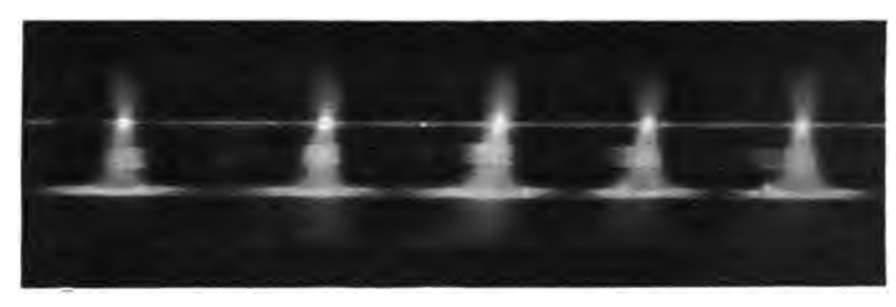


Fig. 4.

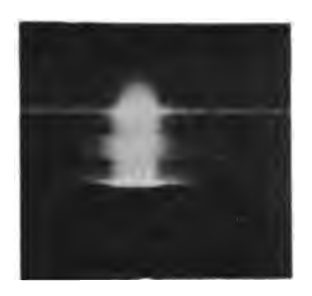


Fig. 5.

auf diesen Draht als Achse; bei sehr kurzem angehängtem Drahtende verwandeln sie sich in vollständig regelmässige Linsen, wobei ihre Centra auf den Draht selbst zu liegen kommen.

d) Der eine (obere) Draht ist mit dem negativen Induktorpol verbunden, an den unteren Draht ist ein dünnes frei herunterhängendes Drahtende angeschlossen. Der Stanniolstreifen ist nicht geerdet. Der obere Draht ist von einer leuchtenden Hülle umgeben; zwischen beiden Drähten breitet sich ein schwaches flächenförmiges Leuchten aus; ausserdem entströmt einem Punkt des oberen Drahtes ein heller rötlichviolett leuchtender Büschel, der zum unteren Drahte hin gerichtet ist. Dieser Büschel bildet sich immer an derselben Stelle des Drahtes. Wenn man diesem Teil der Röhre einen Leiter, oder auch einfach den Finger nähert, so springt der Büschel auf eine andere Stelle über, gewöhnlich zum anderen Ende der Röhre hin, und bleibt dort so lange, bis man dieser Stelle nicht den Finger nähert — dann kehrt der Büschel an seine alte Stelle zurück. Wenn man den Stellen der beiden Büschellagen Finger nähert, so bildet sich der Büschel an einem neuen, aber ganz bestimmten Ort zwischen den beiden Fingern. Fig. 5 giebt die Abbildung eines derartigen Büschels (Exposition 4 Min. 30 Sek.). Auf der Glaswandung um den leuchtenden Büschel herum bildet sich ein gelblichgrüner Phosphoreszenzring.

Wenn man die an den unteren Draht angeschlossene Kapazität vergrössert, so wird der Büschel heller, aber weniger empfindlich in Bezug auf Annäherung eines Leiters, d. h. um den Büschel überspringen zu lassen, muss man den Leiter (Finger) näher an die Röhre heranbringen.

e) Sehr interessant sind die Änderungen der Lichterscheinungen um beide Drähte, wenn man diese Drähte an einen Induktorpol vermittelst schwachleitender Flüssigkeitssäulen anschliesst und die Länge dieser Säulen Änderungen unterwirft. Zu diesem Zwecke benutzte ich die in dieser Zeitschrift [1]) schon beschriebene, in einen langen Paraffinblock eingeschnittene Rinne, die ich mit einer schwachleitenden Flüssigkeit füllte.

1) Diese Z. 2, 651, 1901.

Die Drähte in der Röhre waren jeder mit einer der beiden Endelektroden der Rinne verbunden; die mittlere längs der Rinne bewegliche Elektrode war an den Induktorpol angeschlossen. Beobachtungen zeigten, dass bei Bewegung der Mittelelektrode Änderungen in den Lichterscheinungen um beide Drähte nur dann eintreten, wenn die Rinne mit einer sehr schwachleitenden Flüssigkeit gefüllt ist. Die besten Resultate erhielt ich mit einer Flüssigkeit, welche man als „vierte homoeopathische Teilung" der bestleitenden Schwefelsäurelösung (Lösung, welche 30,4 Proz. Schwefelsäure enthält) bezeichnen kann, also mit destilliertem Wasser, welchem 0,003 Proz. Schwefelsäure hinzugefügt war. Wenn diese Flüssigkeit die Rinne füllt, bemerkt man, beim Verschieben der mit dem Induktorpol verbundenen Mittelelektrode von der Mitte der Rinne zum einen oder anderen Ende hin, fortwährende Änderungen im Leuchten um beide Drähte.

Wenn die bewegliche Elektrode in der Mitte steht, ist das Leuchten um beide Drähte vollständig gleich. Wenn diese Elektrode bis an ein Ende der Rinne verschoben ist, so gleicht das Leuchten um den an die betreffende Endelektrode angeschlossenen Draht dem Leuchten, welches um diesen Draht erscheint, wenn der andere Draht mit einer Kapazität verbunden ist. Fig. 6 ist eine Autotypie nach einem kleinen

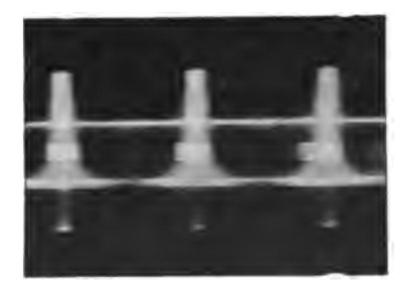


Fig. 6.

Teil einer photographischen Aufnahme der Erscheinung, wobei die mit dem positiven Induktorpol verbundene Mittelelektrode einem Ende der Rinne genähert war (Exposition 3 Minuten).



Fig. 7.



Fig. 8.

Fig. 7 giebt einen Teil der photographischen Aufnahme (Exposition 5 Minuten) der Erscheinung wieder, welche bei den angegebenen Versuchsbedingungen, aber ohne parallel dem Induktor geschaltete Funkenstrecke entsteht. In diesem Falle ändert sich die Erscheinung nicht im mindesten bei Änderung der Richtung des Primärstromes im Induktor. Interessant ist die ziemlich regelmässige Verteilung längs des Drahtes von grösseren hellen Sternen, zwischen denen kleinere, schwächer leuchtende Sternchen wie Lichtpunkte erscheinen.

II. Die Gasspannung in der Röhre beträgt kleine Bruchteile eines Millimeters. Den Induktorpolen ist eine Funkenstrecke parallel geschaltet.

Der Stanniolstreifen ist nicht geerdet.

a) Die beiden Drähte in der Röhre sind an den positiven Induktorpol angeschlossen. Beide Drähte sind von nebelartigen violettleuchtenden cylindrischen Hüllen umgeben. Das Innere der Röhre ist von einem schwachen Gasleuchten erfüllt.

b) Die beiden Drähte in der Röhre sind an den negativen Induktorpol angeschlossen. Die ganze Oberfläche der Röhre leuchtet in Phosphoreszenzlicht. Auf der leuchtenden Glaswandung bemerkt man dabei ziemlich regelmässig verteilte dunklere Stellen, welche das Aussehen breiter dunkler Ringe haben, und ausserdem zwei dunklere den Drähten parallele Streifen, einen über den Drähten, den anderen unter denselben (Schirmwirkung einer Kathode auf die von der anderen ausgesandten Kathodenstrahlen). Im Inneren der Röhre ziehen sich zwischen den Drähten längs der vorderen und hinteren Glaswandung parallel dem Stanniolstreifen schwach violettleuchtende Büschel, deren Enden in den Enden der Röhre zusammenstossen.

Der Stanniolstreifen ist geerdet.

a′) Beide Drähte sind an den positiven Induktorpol angeschlossen.

Die Drähte sind von violettleuchtenden cylindrischen Hüllen umgeben. Die vordere Röhrenwandung strahlt hell in Phosphoreszenzlicht, zwei dunklere breite Streifen ziehen sich längs der Wandung parallel den Drähten (Schirmwirkung der Drähte auf die Kathodenstrahlen, welche von dem Teil der Glaswandung ausgesandt werden, auf welchem der Stanniolstreifen aufgeklebt ist).

b′) Beide Drähte sind an den negativen Induktorpol angeschlossen. Die Lichterscheinungen sind dieselben wie in b), nur die dunklen Ringe kommen nicht zum Vorschein.

c′) Der eine Draht ist mit einem Induktorpol verbunden, an den anderen ist eine Kapazität angeschlossen. Dieser andere Draht hat in diesem Falle die Bedeutung einer dem ersten Draht entgegengesetzt geladenen Elektrode.

Zum Schlusse bringe ich Autotypien nach einigen photographischen Aufnahmen der Lichterscheinungen, wenn beide Drähte an einen Induktorpol angeschlossen sind, und wenn die Röhre über den Schenkeln eines Plückerschen Elektromagnets so gelagert ist, dass ihre Achse parallel der Feldachse des Elektromagnets liegt; der Stanniolstreifen war dabei geerdet.

Fig. 8 — ohne Funkenstrecke zwischen den Induktorpolen. Die Erscheinungen sind vollständig gleich bei beiden Richtungen des Primärstromes im Induktor.

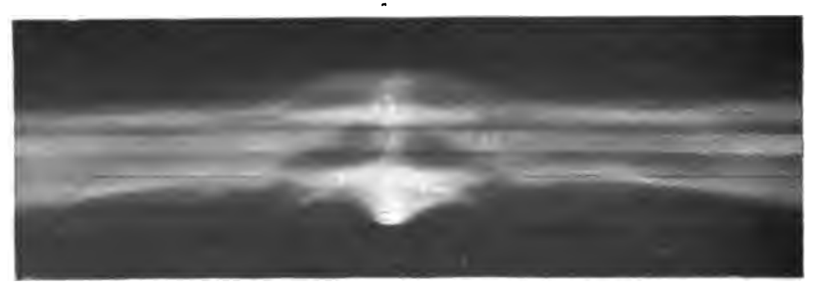


Fig. 9.

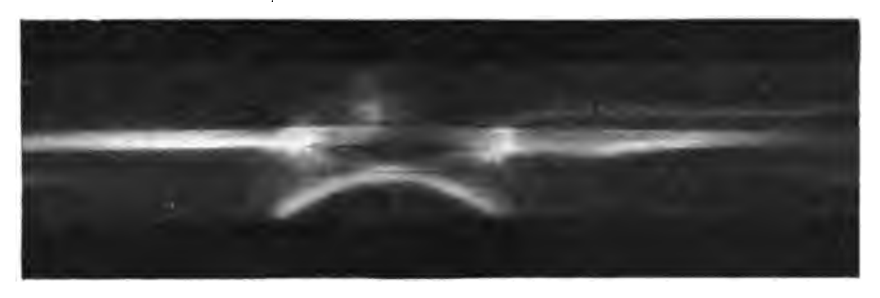


Fig. 10.

Fig. 9 — mit Funkenstrecke zwischen den Induktorpolen, beide Drähte an den positiven Induktorpol angeschlossen.

Fig. 10 — beide Drähte an den negativen Induktorpol angeschlossen.

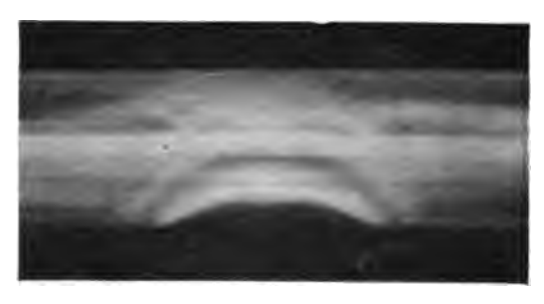


Fig. 11.

Fig. 11 — beide Drähte an den negativen Pol angeschlossen, Funkenstrecke sehr kurz. Bei diesen Bedingungen zeichnet sich der Verlauf der Kraftlinien im Felde besonders scharf ab. Leider giebt die photographische Aufnahme die Erscheinung nicht deutlich genug wieder.

Physik. Institut der Universität St. Petersburg.

(Eingegangen 22. Juni 1902.)



Ein empfindliches Aluminiumblatt-Elektrometer.

Von E. Grimsehl.

Das im folgenden beschriebene Elektrometer ist nach meinen Angaben von der Firma A. Krüss in Hamburg gebaut und hat vor den sonst bekannten Aluminiumblatt-Elektrometern so mannigfaltige Vorzüge, dass mir die Veröffentlichung nicht unangebracht erscheint.

In Fig. 1 und 2 sind zwei Seitenansichten in Konstruktionszeichnung ausgeführt. Der Apparat hat mit der Kolbeschen Form des Elektrometers grosse Ähnlichkeit, weicht aber im einzelnen wesentlich von demselben ab.

Das Elektrometer besteht aus einem 5×7×16 cm grossen Messinggehäuse, das auf drei Füssen ruht, von denen der eine als Fussschraube ausgebildet ist. Die breiteren Seitenflächen des Gehäuses sind in einer Höhe von 9 cm aus Spiegelglasplatten hergestellt, die oben und unten durch eine Messingführung festgehalten werden. Sie werden von der einen Seite eingeschoben und dann in ihrer Lage durch je einen kleinen Messingvorreiber vor dem Herausfallen geschützt. Der obere Deckel des Gehäuses ist durchbohrt, und an die Durchbohrung ist ein Messingrohr von 25 mm Weite und 15 mm Länge angelötet. Dieses Messingrohr dient zur Aufnahme eines Ebonitpfropfens *E*, durch den der das Aluminiumblättchen tragende Stab *S* hindurchgeführt ist. Der Ebonitpfropfen ist 15 mm nach der einen schmalen Seite des Gehäuses zu von der Mitte des oberen Deckels verschoben. Der Pfropfen ist aus einem später anzugebenden Grunde der Länge nach gespalten. Eine an der einen Hälfte angebrachte kleine Nase *N* bewirkt, dass der Pfropfen nach dem Einsetzen in seine Fassung sich nicht drehen kann. Der durch den Pfropfen gehende Stab *S* besteht aus einem 5 mm dicken und 35 mm langen Messingrohr. An dem oberen Ende des Stabes sind zwei kleine seitliche Ansätze angebracht, die die willkürliche Drehung des in den Pfropfen eingesetzten Stabes verhindern, indem sie in zwei kleine Ausfräsungen des Ebonitpfropfens beim Einsetzen in den Pfropfen eingreifen. Der Stab *S* schneidet mit seinem oberen Ende genau mit der oberen Fläche des Ebonitpfropfens ab. In das untere Ende des Stabes ist ein 90 mm l[illegible]es, 6 mm breites dünnes Aluminiumblech *A* (Fig. 1) mit seinem oberen cylindrisch ausgestalteten Ende eingeschraubt. Der aus dem Stabe *S* noch herausragende cylindrische Teil ist an der einen Seite eben angefeilt und dient zum Ankleben des 90 mm langen, 2—3 mm breiten Streifens dünnster Aluminiumfolie *F*.

Auf den Boden des Gehäuses ist in einer passenden Messingfassung ein kreisförmig ausgeschnittenes Glimmerblättchen *G* aufgeschraubt, auf welches eine von 0—30° gehende Kreisteilung angebracht ist. Der Krümmungsmittelpunkt des

Kreisbogens fällt mit dem Anheftungspunkte der Aluminiumfolie zusammen, und der Nullpunkt der Teilung liegt unmittelbar unter dem unteren Ende des Aluminiumbleches A, so dass also der Ausschlag der Aluminiumfolie an der Gradeinteilung ohne Parallaxe direkt abzulesen ist oder auch bei Projektion mit der Folie gleichzeitig scharf eingestellt wird.

Die centrischen Durchbohrungen des Ebonitpfropfens P bilden das Lager für eine in ihrem mittleren Teil gekröpfte, durch den Apparat hindurchgehende messingene Achse M, die an ihren aus dem Gehäuse heraustretenden Enden je einen Messingring trägt. Der eine Messingring ist aufgeschnitten und der andere geschlossen, und an diesen ist in der Verlängerung

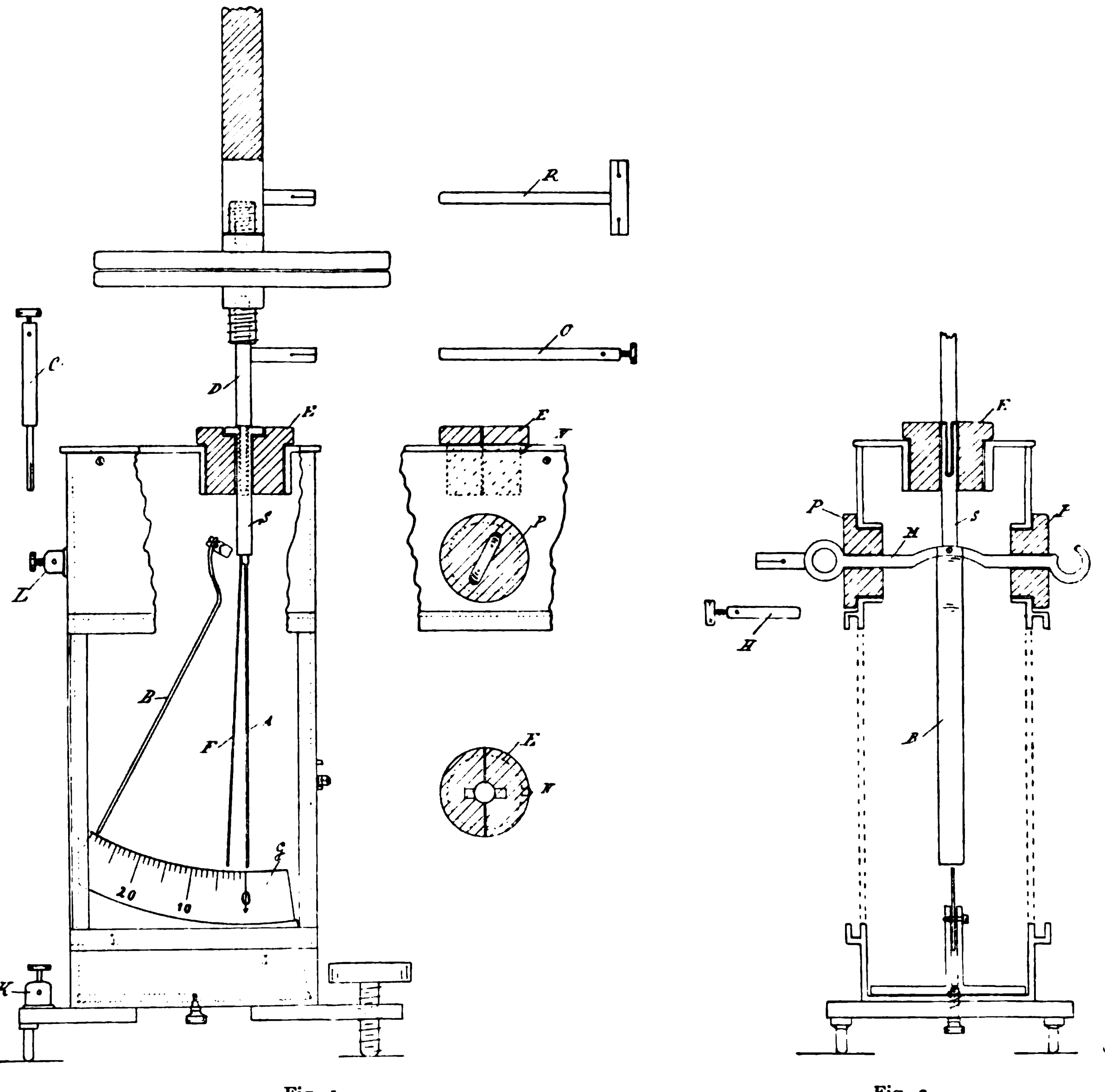


Fig. 1. Fig. 2.

Oberhalb der Spiegelglasplatten ist in den Breitseiten des Messinggehäuses noch je ein kurzer massiver Ebonitpfropf P in ein kurzes in den Seitenwänden des Gehäuses gelötetes Messingrohr eingesetzt. Eine durch die centrischen Durchbohrungen letzterer Pfropfen hindurchgehende Verbindungslinie geht genau durch den Aufhängepunkt der Aluminiumfolie.

der Achse noch ein kleines federnd aufgeschlitztes Messingröhrchen angelötet. An der Kröpfung der Achse M ist ein dünnes Aluminiumblech angeschraubt, das in seinem kurzen oberen Teil gebogen, in dem längeren unteren Teil gerade ist. Bei Drehung der Achse M legt es sich flach an das feste Aluminiumblech A an. Dadurch wird die Aluminiumfolie F mit

leichtem Druck zwischen den beiden Aluminiumblechen festgehalten und hierdurch der Apparat transportfähig gemacht. Das Blech *B* hat noch einen weiteren Zweck, indem es erstens die selbständige Entladung der Aluminiumfolie bei zu starkem Ausschlage bewirkt, wenn man die Achse *M* leitend mit der Erde oder dem Gehäuse verbindet, und indem es ferner dazu dient, die Empfindlichkeit des Elektrometers durch passende Annäherung an das Blech *A* bis zu einem hohen Grade zu vermehren. Es sei hier bemerkt, dass man die Potentialdifferenz von 2 Volt durch einen Ausschlag der Aluminiumfolie deutlich nachweisen kann, wenn man das Blech *B* bis auf wenige (3—4) Grade dem festen Bleche *A* nähert. Endlich wird durch die anziehende Wirkung des Bleches *B* bewirkt, dass die Ausschläge der Folie *F* fast genau proportional dem Potential der Folie sind. Ist das Blech *B* auf 30 Grad gestellt, also so wie es Fig. 1 angiebt, so entspricht jeder Grad Ausschlag fast genau dem Potential von 10 Volt. Genauere Angaben hier zu machen hat keinen Zweck, da ja natürlich der Ausschlag mit der nicht immer konstanten Dicke der Aluminiumfolie wechselt, also demnach von Apparat zu Apparat etwas verschieden ist. Ein einmal geeichtes Elektrometer zeigt aber, solange man dieselbe Aluminiumfolie benutzt, immer dieselbe Beziehung zwischen Ausschlag und Potential. Für Demonstrationszwecke ist es völlig ausreichend genau, wenn man Ausschlag und Potential einander proportional setzt.

Auf das Fussblech des Elektrometers ist noch eine kleine Polklemme *K* zur Herstellung irgend welcher Verbindung, z. B. zur sicheren Verbindung mit der Erde, angebracht.

Ebenfalls ist noch eine kleine Polklemme *L* auf die schmale Seitenwand des Gehäuses in der Höhe der Achse festgeschraubt. Diese Klemme hat besonders den Zweck, die leitende Verbindung der Achse *M* mit dem Gehäuse durch einen kurzen federnden Draht bequem zu ermöglichen.

In die obere Bohrung des Stabes *S* können nun noch verschiedene Aufsätze eingesetzt werden. Bisher haben sich folgende Aufsätze als bequem erwiesen: Eine einfache gerade Messingstange von 35 mm Länge (gemessen von der oberen Fläche des Ebonitpfropfens *E* aus) und 5 mm Dicke; eine ebensolche Stange, deren oberes Ende zu einer einfachen Polklemme *C* ausgestaltet ist; eine Stange *D*, an die in 20 mm Höhe ein 6 mm weites federnd aufgeschlitztes horizontales Rohr hart angelötet ist; eine Stange, die an ihrem oberen Ende einen cylindrischen Zerstreuungskörper von 90 mm Länge und 50 mm Dicke trägt.

In die federnd aufgeschlitzten horizontalen Messingrohre, die sich in der Verlängerung der Achse *M* und an dem oberen Aufsatze *D* finden, passen wieder einige kleine Hilfsapparate, und zwar eine 20 mm lange Polklemme *H*, zwei 50 mm lange Polklemmen *O*; zwei 50 mm lange Messingstäbe *R*, an die an ihrem einen Ende ein oben und unten federnd aufgeschlitztes Messingröhrchen von 20 mm Länge rechtwinklig angelötet ist; ein 60 mm langer cylindrischer Stab; und ein rechtwinklig gebogener, in seinem horizontalen Teile 50 mm, in seinem vertikalen Teile 60 mm langer Stab.

Der Kondensator besteht aus zwei eben geschliffenen und mit einer sehr dünnen gleichmässigen Lackschicht versehenen Metallplatten, auf deren Mitte einseitig eine Messingfassung gelötet ist, die eine centrische Bohrung trägt, mit welcher sie mit leichter Reibung drehbar auf die Elektrometerstange gesetzt werden kann. Aussen ist die Fassung mit einem Gewinde versehen, das an ein an einem Hartgummigriff sitzendes Muttergewinde angeschraubt werden kann. An das am Hartgummigriff sitzende Muttergewinde ist wieder ein horizontales, federnd aufgeschlitztes Messingröhrchen festgelötet, in das auch die vorhin beschriebenen Hilfsapparate hineinpassen. Der Hartgummigriff ist in seinem oberen Teile mit einem Messingrohre umgeben, um etwaige durch das Anfassen bewirkte Ladungen zu vermeiden.

Das Elektrometer ist für alle Spannungsmessungen in hervorragendem Masse geeignet. Es vermeidet alle sonst bei einem derartigen Elektrometer vorkommenden unliebsamen Überraschungen vollkommen. Dabei ist es hochempfindlich und kann innerhalb gewisser Grenzen durch Verstellen des drehbaren Aluminiumbleches *B* in seiner Empfindlichkeit beliebig verändert werden.

Es ist zur direkten Ablesung, wie auch zur Projektion gleich gut zu gebrauchen. Auf die Ausführung einiger wichtiger Versuche (teils demonstrativer, teils messender Art) werde ich noch zurückkommen, doch möchte ich hier noch hervorheben, worin die wesentlichen Vorteile dieser Konstruktion vor anderen liegen:

Über die Anwendung des drehbaren Zeigers *B* ist schon berichtet. Die Teilung des Ebonitpfropfens in zwei Hälften gestattet eine leichte Auswechselung desselben gegen einen anderen, ohne die Aluminiumfolie aus dem Apparat zu entfernen. Man braucht nur den Stab *S* mit der Folie etwas in die Höhe zu ziehen und kann dann beide Hälften des Pfropfens einzeln entfernen und durch andere ersetzen. Bekanntlich ist die mangelhafte Isolationsfähigkeit des Ebonitpfropfens gewöhnlich der Grund, weshalb ein derartiges Instrument leicht seine Ladung verliert. Der schönste Ebonitpfropfen wird durch

den Einfluss von Licht und Staub nach kurzer Zeit leitend an seiner Oberfläche. Eine gründliche Waschung mit Wasser und Seife unter Benutzung einer kräftigen Bürste stellt dann die Isolationsfähigkeit leicht und meist wieder vollständig her. Bei einer solchen Behandlung ist es aber nicht zu vermeiden, dass der Pfropfen elektrisch geladen wird. Es gelingt auch kaum, in wenigen Minuten die Ladung völlig zu entfernen. Daher sind dem Apparat zwei solcher geteilter Pfropfen beigegeben, von denen der eine, nicht im Apparat sitzende, früher sorgfältig gereinigt war und dann vor Licht und Staub geschützt in einem besonderen Kästchen aufbewahrt wird, so dass man also stets einen tadellos isolierenden Pfropfen zur Verfügung hat. Da man nun die Auswechselung des Pfropfens vornehmen kann, ohne den Apparat sonst irgendwie zu verändern, so hat man auch die Möglichkeit, ein tadellos isolierendes Elektrometer jederzeit herstellen zu können. So wird eine Ladung auf ca. 100 Volt mehrere Stunden lang dauernd gehalten. Nur ganz allmählich geht das Blättchen auf Null zurück. Besonders von Vorteil ist diese Einrichtung zur Untersuchung der entladenden Wirkung von Becquerelstrahlen oder von ultraviolettem Licht, indem man dann auf die Stange *S* den Zerstreuungskörper aufsetzt. Die Entladung durch einen genäherten Gasglühlichtstrumpf ist gut zu beobachten, da eben ohne einen solchen die Ladung so ausserordentlich konstant bleibt.

Die hohe Empfindlichkeit ist, abgesehen von der Einwirkung des drehbaren Zeigers *B*, dadurch erreicht, dass eine Aluminiumfolie von 90 mm Länge, der ganzen im Handel vorkommenden Länge, angewandt wird.

Die an dem Aufsatze *D* und an der Fassung des Hartgummigriffes vom Kondensator angebrachten kleinen horizontalen Messingröhrchen gestatten eine bequeme Verbindung von Kollektor und Kondensatorplatte mit andern Apparaten oder mit den Polen einer Stromquelle. Hierdurch wird einerseits die Eichung, andererseits auch die Messung einer unbekannten Spannung erleichtert.

Die mit leichter Reibung auszuführende Drehung der Kollektorplatte auf dem Elektrometer ermöglicht die Herstellung eines reibungslosen Kontaktes der Kollektor- und Kondensatorplatte. Zu dem Zwecke wird in das an dem Aufsatze *D* befindliche Röhrchen der 60 mm lange Messingstab eingesetzt und in die Fassung der Kollektorplatte kommt der rechtwinklig gebogene Messingstab. Dreht man dann beide aufeinanderliegende Platten mittels des Hartgummigriffes auf dem Zapfen von *D*, so geraten die beiden Ansätze in Berührung, ohne dass man zu fürchten hätte, dass durch diese Berührung neue elektromotorische Kräfte eingeführt werden. Aus diesem letzteren Grunde ist das Elektrometer zur Ausführung des sogenanten Voltaschen Fundamentalversuchs gut geeignet. Dieser letzte Versuch lässt sich in höchst einfacher Weise, und wie mir scheint, einwandfrei ausführen. Deshalb hoffe ich, hierauf demnächst noch zurückkommen zu können.

(Eingegangen am 20. Juli 1902.)

Über die radioaktive, im Uranpecherz vorkommende „flüchtige Substanz“.

Von O. Behrendsen.

Wenn man Uranpecherz (am besten solches aus Joachimsthal) fein gepulvert in einem Porzellantiegel glüht, so zeigt sich an dem aufgelegten, kühl gehaltenen (z. B. mit Wasser gefüllten) Deckel ein grauer, oft ins Rote spielender Anflug, welcher stark radioaktiv ist.[1]) Dass man es bei dieser „flüchtigen Substanz“ Giesels[2]) nicht mit bloss induzierter Radioaktivität[3]), sondern mit einer Ausscheidung eines wirksamen Stoffes zu thun hat, lehrt schon der Umstand, dass dieselbe in der Regel sechsmal so radioaktiv ist als die Pechblende selbst, aus welcher sie gewonnen wurde. Die durch das wirksamste Radium induzierten Objekte erreichen dagegen niemals den Wirkungsgrad der Substanz selbst. —

Man könnte einwenden, dass die hohe Temperatur, der die Pechblende beim Glühen ausgesetzt wird, hier eine besondere Wirkung hervorbringe; allein wir werden zeigen, dass auch in diesem Falle ein geglühtes Radiumpräparat nicht den nämlichen Erfolg hat. —

Die Strahlen, welche diese „flüchtige Substanz“ aussendet, sind von denen der Radiumpräparate verschieden. Dies lehrt ein einfacher Absorptionsversuch. Ein schwaches Radiumpräparat und die an einem Platindeckel niedergeschlagene, aus Pechblende dargestellte „flüchtige Substanz“ wurden mit Aluminiumfolie und auch mit unechtem Blattgold bedeckt und dann auf ihre Radioaktivität untersucht. Dazu dienten, wie in allen später erwähnten Versuchen, zwei in einem Glascylinder eingeschlossene Platten, die untere flach schalen-

1) Curie, C. R. **127**, 176, 1898 — Behrendsen, Wied. Ann. **69**, 222, 1899.

2) Radioaktive Substanzen in Ahrens Sammlung u. s. w. **7**, 6, 1902.

3) Curie und Debierne deuten dies an in C. R. **132**, 549, 1901. Vergl. auch diese Zeitschrift **2**, 500, 1901.

förmig mit der Erde, die obere mit einem geladenen Exnerschen Elektroskop verbunden. Es wurde stets die Zeit für das Zurückgehen der Elektroskop-Blättchen um denselben Skalenteil bestimmt.

Nach Bedeckung mit Aluminiumfolie hatten die Radiumstrahlen noch 0,85, die der flüchtigen Substanz nur noch 0,7, nach Bedeckung mit Blattgold die ersten noch 0,8, die letzteren nur noch 0,146 ihres ursprünglichen Wirkungsgrades.

Eine so starke Absorption ist aber bekanntlich charakteristisch für Polonium.[1]) Ebenso die Flüchtigkeit und baldige Verminderung ihrer Aktivität im Gegensatz zu Radium.

In der That ist nach 45 Tagen die Aktivität eines mit der „flüchtigen Substanz" bedeckten Platinschälchens nur noch $^2/_3$ der ursprünglichen. Durch Glühen des Schälchens wurde es sofort wirkungslos, ohne sich wieder zu erholen.

Es wurde weiter untersucht, ob die flüchtige Substanz wie Polonium ebenfalls Wismut vor anderen Metallen bevorzugt. Zwei Gramm leichtflüssigen Metalles (Zinn, Blei, Weichlot, Wismut) wurden jedesmal mit derselben Menge gepulverten Pecherzes in einem Tiegel bedeckt und dieser dann geglüht. Natürlich war der Tiegel geschlossen. Nach dem Erkalten wurden die wieder erstarrten und dann gewaschenen Metalle auf ihre nunmehrige Aktivität untersucht, wobei die veränderliche Eigenentladung des Apparates berücksichtigt und durch eine früher angegebene Formel[2]) eliminiert wurde, zumal sich die Versuche über mehrere Tage erstreckten.

Dabei zeigten, im Gegensatz zu Wismut, Zinn, Blei, Weichlot nur geringe Spuren von Aktivität, denn es betrugen die Entladungszeiten für Zinn circa 1800 Sek., für Weichlot 2800 Sek., die des Wismuts jedoch 191 Sek. und nachdem dann mit demselben Metallstücke und immer frischer Pechblende der Versuch mehrmals wiederholt wurde, beim zweiten Male 146, beim dritten Male 200 Sek. (hier mag eine wenig wirkungsreiche Pechblendenprobe den Prozess rückgängig gemacht haben), beim vierten Male 138 Sek.

Um dem Einwand zu begegnen, dass bei dem eben beschriebenen Prozesse Pechblendeteilchen in das flüssige Metall eingedrungen seien und hierdurch dessen Radioaktivität veranlasst haben (warum aber nicht bei dem spezifisch leichteren Zinn oder bei Weichlot?), wurde der Versuch in der Weise wiederholt, dass die Pechblende an den Boden des Tiegels

1) Becquerel, C. R. **128**, 771, 1899.
2) Behrendsen, Wied. Ann. **69**, 225, 1899.

kam, in halbe Höhe ein schalenförmig gebogenes kreisrundes Drahtnetz gelegt wurde, auf welchem das Metall ruhte. Der mit Kühldeckel versehene Tiegel wurde alsdann geglüht. Der Deckel zeigte sich wieder mit der „flüchtigen Substanz" überzogen und war stets in demselben Masse radioaktiv. Darauf wurde der Wirkungsgrad der Metalle (der diesmal selbstredend weit geringer als bei dem früheren Versuche ausfallen musste) untersucht; es war dann die Aktivität des Wismuts 0,091 von der des Deckels, bei Blei nur 0,064 und bei Zinn nur 0,06 (mit Berücksichtigung der Eigenentladung des Apparates wird der Unterschied noch erheblicher; für Bi 0,05, für Pb 0,024, für St sogar nur 0,018).

Zur Kontrolle wurden dieselben Versuche in der gleichen Anordnung mit einem schwachen Radiumpräparat wiederholt.[1]) Diesmal wurde der Kühldeckel nur sehr schwach radioaktiv, nämlich nur $^1/_{11}$ bis $^1/_7$ so wirksam wie das Präparat selbst. Das auf dem Netze liegende, wieder fest gewordene Metall wurde jedesmal hinsichtlich seiner Aktivität mit der des Deckels verglichen und hier ergab sich für Bi: 0,51, für Pb: 0,54, für St: 0,52. Bei einem Glühen von Radium hat man es also mit einer wirklichen induzierten Aktivität in Sinne der französischen Physiker zu thun. Eine Bevorzugung des Wismuts findet hier nicht statt.

Es scheint also damit nachgewiesen zu sein, dass die flüchtigen Substanzen der Pechblende mit dem Polonium identisch sind, dessen Absorption, dessen Flüchtigkeit und dessen Vorliebe für Wismut sie teilen. Da wir es ferner bei den flüchtigen Substanzen mit einem wirklichen Stoffe, nicht bloss mit induzierter Aktivität zu thun haben, so dürfte damit das neuerzeit von Giesel und anderen ausgesprochene Todesurteil über die Existenz des Poloniums nicht gerechtfertigt sein.

Nach Abschluss meiner Versuche kam mir die Arbeit von Marckwald[2]) über das radioaktive Wismut zur Hand, der überaus wirksames Polonium durch Wismut elektrolytisch ausgeschieden hat. Die oben ausgesprochene Meinung wird dadurch auf das beste bestätigt.

1) Schwache Präparate lassen die graduellen Unterschiede weit leichter messend verfolgen.
2) Berichte der Deutschen chem. Ges., **35**, 2285, 1902.

Göttingen, den 29. Juli 1902.

(Eingegangen 31. Juli 1902.)

Über die Radioaktivität der im Erdboden enthaltenen Luft.

Von J. Elster und H. Geitel.

Vor kurzem haben wir gezeigt, dass die Erscheinung der induzierten Radioaktivität, d. h. die Fähigkeit, vorübergehend Becquerelstrahlen auszusenden, auch ohne Vermittlung der seltenen Elemente der radioaktiven Gruppe durch Kontakt mit der atmosphärischen Luft an beliebigen Körpern erhalten werden kann.[1]) Die Luft verhält sich dabei gerade so, als ob sie selbst in geringem Grade radioaktiv oder durch Berührung mit aktiven Stoffen mit Spuren einer strahlenden „Emanation" behaftet wäre. In besonders starkem Masse tritt diese aktivierende Eigenschaft an der eingeschlossenen Luft geräumiger Keller hervor, hier erscheint sie eng verknüpft mit der abnorm gesteigerten elektrischen Leitfähigkeit. So liessen sich von Drähten, die mit negativer Ladung solcher Kellerluft einige Stunden ausgesetzt waren, durch Abreiben Substanzen gewinnen, die trotz ihrer ungemein geringen Masse die ionisierende Wirkung auf Gase, die Schwärzung der photographischen Platte wie die Erregung von Phosphoreszenz am Baryumplatincyanürschirm in vollkommener Deutlichkeit zeigten.

Diese Versuche sind inzwischen von anderer Seite wiederholt und in ihren Ergebnissen bestätigt worden.[2])

Die Herkunft der hohen Aktivität der Höhlen- und Kellerluft, die Bedingungen, unter denen sie zu stande kommt, waren durchaus rätselhaft. Allerdings hatten Versuche an kleineren, unter einer Glasglocke hermetisch abgeschlossenen Luftmengen auch hier eine Vermehrung des elektrischen Leitvermögens in der Zeit erkennen lassen, und eben diese Erfahrung war die erste Veranlassung gewesen, die Luft in Höhlen auf ihr elektrisches Verhalten zu prüfen. Quantitativ blieb aber das Maximum des unter diesen künstlichen Bedingungen erreichten Leitvermögens weit hinter dem in der Höhlenluft gefundenen Betrage zurück.

Es lag deshalb nahe, die beträchtliche Ionisierung und die aktivierende Wirkung der Höhlen- und Kellerluft auf einen Einfluss der Wände zurückzuführen und etwa dem begrenzenden Gesteine selbst eine primäre Becquerelstrahlung zuzuschreiben. Zwar gab die direkte Prüfung von Gesteinsproben keinen Anhalt zu Gunsten dieser Annahme, doch ist nicht zu vergessen, dass vielleicht schon die geringsten, unmittelbar kaum nachweisbaren Spuren aktiver Stoffe in den Wänden die eingeschlossene Luft im Laufe der Zeit mit ihrer Emanation erfüllen konnten. Wenn aber trotz jenes negativen Befunds die abnorme Aktivität der Luft in unterirdischen Räumen aus der Erde selbst stammte, so musste sie in mindestens derselben Stärke, wie in der eigentlichen Höhlenluft sich auch an derjenigen nachweisen lassen, die in den kleinsten Hohlräumen und kapillaren Spalten des Erdreichs eingeschlossen ist.

Andrerseits war es denkbar, dass die normale Aktivität in begrenzten Luftmassen in noch unbekannter Weise mit dem Volumen sich steigere, dass also allein der grössere Rauminhalt der Höhlen und Keller gegenüber den geringfügigen Dimensionen bei den Laboratoriumsversuchen die überwiegende Wirksamkeit der Luft bedingte.

Wir haben versucht, nach den beiden angedeuteten Richtungen eine Entscheidung durch das Experiment herbeizuführen.

Einerseits prüften wir Luft, die direkt aus dem Erdboden entstammte, auf ihre radioaktiven Eigenschaften, andererseits solche, die in einem mehrere Kubikmeter enthaltenden, noch ungebrauchten Dampfkessel drei Wochen lang eingeschlossen gehalten war.

Die Versuchsanordnung war im ersten Falle dieselbe wie bei den anfangs erwähnten Untersuchungen (Fig. 1). Das Elektroskop C mit

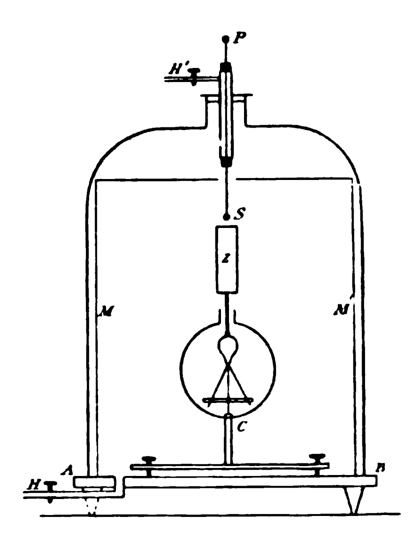


Fig. 1.

aufgesetztem Zerstreuungskörper Z stand, von einem weitmaschigen Drahtnetze MM' umgeben, auf einer eben geschliffenen Eisenplatte AB, das

1) J. Elster u. H. Geitel, diese Zeitschrift **2**, 590, 1901. H. Geitel, Verhandl. d. Ges. deutscher Naturforscher u. Ärzte in Hamburg, S. 72, 1901 u. H. Geitel, diese Zeitschrift **3**, 76, 1901.

2) Berichte über luftelektrische Arbeiten im Jahre 1901 bis 1902, erstattet von Mitgliedern der luftelektrischen Kommission. Göttingen 1902. Bericht von H. Ebert, S. 7. (Dieselben werden demnächst in dieser Zeitschrift abgedruckt.) Ferner: E. Rutherford, diese Zeitschrift **3**, 210, 1902.

Ganze war mit einer grossen tubulierten Glasglocke von 27 Liter Inhalt bedeckt, deren unterer Rand luftdicht auf der Grundplatte anschloss. Durch den oberen Tubus konnte mittels einer in einer Stopfbüchse verschiebbaren isolierten Sonde *PS* das Elektroskop geladen werden; nach dem Laden wurde die Sonde stets bis über die Drahthülle emporgezogen und zur Erde abgeleitet. Zwei Röhren mit Hähnen (*H* u. *H'*), die eine am Tubus, die andere in der Grundplatte, dienten zum Einführen der zu prüfenden Luft.

War der Apparat neu zusammengesetzt, aber mit Zimmerluft gefüllt, so beobachtete man an dem geladenen Elektroskop infolge der bekannten Selbstionisierung der Luft eine Abnahme der Ladung mit der Zeit, und zwar verschwinden, da der Sättigungsstrom bei den angewandten Spannungen längst erreicht ist, in gleichen Zeiten gleiche Elektrizitätsmengen, oder, da die Kapazität des Elektroskops durch die Lagenänderung der Blättchen sich nur wenig ändert, so sinkt das Potential einfach der Zeit proportional. Die Abnahme in einer bestimmten Zeit, etwa 15', lag zwischen 15 und 20 Volt, erst im Laufe mehrerer Tage pflegt sich dieser Betrag, wie auch oben bemerkt, auf etwa das Doppelte zu erhöhen und bleibt dann stationär; bei den zu beschreibenden Versuchen wurde das Eintreten dieses Zustands nicht abgewartet.

Um Luftproben aus dem Erdboden zu entnehmen, stiessen wir mit einer dünnen Eisenstange ein etwa 1 1/2 m tiefes Loch in die weiche Gartenerde und senkten eine Glasröhre von entsprechender Länge hinein, aber so, dass sie nicht völlig bis zum untern Ende des Kanals hinabreichte. Die Erde wurde dann an den Seiten angedrückt, festgetreten und, um bessern Anschluss an die Röhre zu bewirken, mit Wasser oberflächlich angegossen. Das herausragende Ende setzten wir durch einen Gummischlauch mit dem Zuleitungshahne der Grundplatte des Apparats in Verbindung, von dem oberen Hahne führte eine Schlauchleitung nach einer Wasserstrahlsaugpumpe. (Siehe untenstehende Tabelle).

Vor Beginn des Versuchs wurde der Betrag bestimmt, um den das Potential des geladenen Elektroskops in 15' sank, solange die Glocke mit reiner Zimmerluft gefüllt war. Dann wurde die Saugpumpe in Gang gesetzt und beobachtet, in welcher Weise die Elektrizitätszerstreuung unter der Glocke sich änderte, während mehr und mehr von der Erdbodenluft eindrang. (Das Elektroskopgehäuse war durch Einführung eines Stückes Natrium mit trockner Luft erfüllt.)

Es fand sich, wie aus dem nachstehenden Beispiele einer Beobachtungsreihe hervorgeht, eine sehr beträchtliche Vermehrung der Zerstreuung, die schliesslich eine so bedeutende Höhe erreicht, dass das Elektroskop in wenigen Minuten entladen wurde.

Die Beobachtungszeit musste daher auf etwa 3 Minuten beschränkt und aus dem in dieser Zeit beobachteten Verluste derjenige in 15 Minuten berechnet werden. Dabei war es gleichgültig, ob bei geöffneten Hähnen, also während — allerdings sehr schwacher — Bewegung der Luft, oder bei geschlossenen, d. h. bei Ruhe, beobachtet wurde. Dass beim Eindringen der Bodenluft trotz der Natriumtrocknung nicht etwa die Isolation des Elektroskops gelitten hatte, davon überzeugten wir uns in bekannter Art sofort am Schlusse der Beobachtungsreihe, indem wir die Zerstreuung im Innern des Elektroskopgehäuses durch einen besonderen Versuch bestimmten. (Siehe untenstehende Tabelle.)

Anstatt die Luft aus dem Boden direkt in die Glocke einzuleiten, kann man auch eine geräumige Flasche mit Bodenluft füllen und diese dann durch Verdrängen mit Wasser in die Glocke einführen. So stieg z. B. die Zerstreuung von etwa 12 Volt in 15' auf 66, nachdem eine Dreiliterflasche frisch angesogener Bodenluft eingeleitet war. Wurde die letztere durch Lüften der Glocke wieder entfernt, so sank die Zerstreuung auf 19 Volt herab. Dass sie nicht ganz den niedrigen Anfangswert wieder erreichte, liegt in der durch die Bodenluft auf der Innenfläche der Glocke, dem Elektroskop selber und seiner Drahthülle induzierten Aktivität begründet, die erst im Laufe mehrerer Stunden allmählich wieder verschwindet. In der That ist die aus dem Erdboden aspirierte Luft nicht nur in abnormer Weise leitend, sondern sie enthält auch, gerade wie die Höhlen- und Kellerluft, in besonderer Intensität jene radio-

Versuchsreihe vom 25—27. August.

Potentialabnahme in 15' u. Volt	Vor Einleitung der Bodenluft	Bodenluft eingeleitet					Hähne geschlossen		
		nach 5'	nach 10'	nach 15'	nach 30'	nach 60'	nach 3^h	nach 24^h	nach 48^h
	18,0	133	246	380	480	525	550	460	430

Verlust im Elektroskope: in 15' 7,2 Volt.

aktive Emanation, durch die sie beliebige Körper bei blossem Kontakte vorübergehend aktiv macht. Bekanntlich gelingt diese Aktivierung am kräftigsten, wenn man den zu dem Versuche verwendeten Körper dabei auf negativem Potential hält (E. Rutherford). Zum Nachweis der durch die Bodenluft induzierten Aktivität benutzten wir den beschriebenen Apparat, aus dem wir nur das Elektroskop entfernten. An der Sonde war ein Metalldraht befestigt, der frei innerhalb der Drahthülle unter der Glocke herabhing, ohne die Grundplatte zu berühren; durch Anschluss der Sonde an eine Trockensäule wurde er mehrere Stunden lang auf 2000 Volt geladen gehalten, während die Glocke mit Bodenluft gefüllt war oder von solcher in sehr langsamem Strome durchflossen wurde. Die so erregte Aktivierung der Längeneinheit des Drahtes war trotz der Kleinheit des angewandten Luftvolumens von etwa derselben Grösse, wie wir sie in weiten Kellerräumen unter sonst gleichen Bedingungen erhalten haben. Die Intensität der aktiven Emanation oder auch ihre Menge in der Volumeinheit muss daher in der Bodenluft noch höher sein als in der von Kellern. Hiermit steht im Einklang, dass das Einleiten des gleichen Quantums Kellerluft unter die Glocke, anstatt der aus dem Boden aspirierten, die Zerstreuung nur unbedeutend (um 2—3 Volt) erhöhte. Zu bemerken ist noch, dass die durch die Bodenluft induzierte Aktivität in sehr kleinen Räumen, wie innerhalb von engen Röhren, durch die die Luft angesaugt wurde, nicht deutlich erhalten werden konnte.

Das Verfahren, die Luft aus dem Erdboden erst in einen besonderen Behälter aufzufangen und sie dann unter die Glocke zu transportieren, ermöglicht es, aus verschiedenen Bodenarten entnommene Proben auf ihre Aktivität zu vergleichen, wenn man voraussetzen darf, dass sie bei längerer Aufbewahrung ihre Eigenschaft nicht ändern. Wie der Versuch zeigt, ist im Laufe von einigen Stunden eine Verminderung der Aktivität nicht wahrnehmbar, dagegen findet sich anfangs — wie bei der gewöhnlichen atmosphärischen Luft — eine Zunahme des Leitvermögens, bis nach Erreichung des Maximums ein sehr langsames Abklingen erfolgt.

Sollte sich herausstellen, dass die Beschaffenheit des Bodens von Einfluss auf die Radioaktivität der in ihm eingeschlossenen Luft ist, so ist wohl die anfangs schon angedeutete Auffassung die natürlichste, welche die Quelle der Aktivität in einer primären Becquerelstrahlung der Erdsubstanz selbst sucht. Wird ja doch ohne Zweifel die Bodenluft in der Nähe natürlicher Fundstätten von Uran- und Thoriumverbindungen sich besonders aktiv erweisen.

Andererseits wäre die Möglichkeit zu erwägen, dass jene Aktivität aus bedeutenden Tiefen herstammt und sich erst durch einen der Diffusion analogen Prozess bis an die Erdoberfläche fortgepflanzt hat. Durch Untersuchung von Luftproben von verschiedenen Orten und aus verschiedenen Tiefen liessen sich solche Fragen wohl entscheiden.

Man wird hiernach behaupten dürfen, dass die hohe Leitfähigkeit der Luft in Kellern und Höhlen, sowie ihre Eigenschaft, die induzierte Radioaktivität in viel stärkerem Masse hervorzurufen, als es die der freien Atmosphäre vermag, auf ihrem Gehalt an Bodenluft beruht, d. h. solcher, die aus den Erdkapillaren stammt und aus diesen in die unterirdischen Räume gelangt ist. Unterschiede in der Wirksamkeit der Luft in verschiedenen solchen Räumen werden sowohl auf ungleichmässige Ventilation, wie auch auf den mehr oder minder leichten Zutritt von Bodenexhalationen zurückgeführt werden können.

Nach dem bisher Mitgeteilten konnte man den Erfolg des zweiten oben schon erwähnten Versuches wohl vorhersehen; es war zu erwarten, dass ein vor dem Eindringen von Bodenluft geschützter allseitig hermetisch verschlossener Behälter auch von grossen Dimensionen keine wesentliche Steigerung der Aktivität der Innenluft im Laufe der Zeit aufweisen würde. Durch die Freundlichkeit des Direktors einer hiesigen Maschinenfabrik, Herrn La Baume, dem wir dadurch zu Dank verpflichtet sind, wurde uns Gelegenheit geboten, ein Luftvolum von etwa 7 cbm mehrere Wochen lang einzuschliessen und dann auf seine radioaktive Fähigkeit zu untersuchen. Durch einen Dampfkessel von dem angegebenen Volum wurde der Länge nach ein Metall- (Aluminium) Draht gespannt und in zwei diametral entgegengesetzten kleinen Öffnungen der Kesselwand durch fest anliegende Gummistopfen gehalten. Nachdem der allseitig verschlossene Kessel 3 Wochen lang unverrückt gestanden hatte, ersetzten wir die Gummistopfen durch isolierende Röhrchen aus Ebonit und luden nun den Draht auf ein Potential von 2000 Volt 2 Stunden lang. Es ergab sich, dass er dadurch keine sicher nachweisbare Radioaktivität erworben hatte. Es war leider unmöglich, die Leitfähigkeit der Innenluft mittels des Zerstreuungsapparates direkt zu messen, nach den oben erwähnten Versuchen an kleinen Luftmengen ist anzunehmen, dass sie etwa das Doppelte der normalen betragen haben würde, also weit hinter der von Keller- oder gar Bodenluft zurückgeblieben wäre.

Wir möchten es nach dem Ergebnis der beiden geschilderten Versuche für wahrscheinlich halten, dass die Eigenschaft der atmosphärischen Luft, induzierte Radioaktivität hervorzurufen, wenigstens zum grossen Teile durch ihre Berührung mit dem Erdkörper, die ja in den kapillaren Räumen des Bodens am innigsten

ist, bedingt wird. Die im Verhältnisse zur Gesamtmasse der Atmosphäre nicht unbedeutende Luftmenge, die unter der sichtbaren Erdoberfläche steckt, ist in hervorragender Weise der Träger der radioaktiven Emanation. Die Gegenwart einer gewissen Menge solcher Bodenluft in einem geschlossenen Raume wirkt wie die von Thorium oder Radium, indem sie durch Erregung induzierter Strahlung die Ionisierung der Luft bis zu einem Maximum steigert, dessen Höhe von der Menge und Wirksamkeit der vorhandenen Bodenluft abhängt. So erklärt sich das rätselhafte Ansteigen der Leittähigkeit begrenzter Luftvolumina.

Das Vorhandensein freier Ionen in der atmosphärischen Luft wird durch den Nachweis kräftig radioaktiver Substanzen in dem Teile der Atmosphäre, der unterhalb der Erdoberfläche liegt und mit ihrer oberirdischen Masse durch Diffusion in stetigem Austausche steht, ebenfalls verständlich gemacht. Allerdings kann bei einem System, das so mannigfaltigen Einflüssen ausgesetzt ist, wie die Lufthülle der Erde, von einer ausschliesslichen Ursache der Ionisierung nicht wohl gesprochen werden, es ist zweifellos, dass neben der angegebenen Quelle noch andere, insbesondere die Sonnenstrahlung in Betracht kommen werden.

Wolfenbüttel, September 1902.

(Eingegangen 3. September 1902.)

Wiedemannscher Effekt bei ferromagnetischen Substanzen.[1])

Von K. Honda und S. Shimizu.

In vorliegendem Versuche haben wir den Einfluss einer Dehnung auf den Wiedemannschen Effekt bei Nickelstahl, ebenso bei ferromagnetischen Stäben und die Torque-Wirkung hierauf untersucht. Wir arbeiteten mit den acht verschiedenen Proben, die folgende Tabelle des näheren angiebt:

Metall	Länge	Durchmesser
45 % Nickelstahl	20,80 „	0,0956 „
„ „ „	20,90 „	0,0516 „
35 % Nickelstahl	20,92 „	0,0939 „
„ „ „	20,96 „	0,0509 „
Weicher Eisenstab	21,03 „	1,004 „
Nickelstab	21,00 „	1,117 „
Gusskobaltstab	21,00 „	1,038 „
Ausgeglühter Kobaltstab	21,00 „	1,082 „

1) Am 7. Juni 1902 in der Math.-Physikalischen Gesellschaft zu Tokyo vorgetragen.

Die Anordnung für die Untersuchung des Wiedemannschen Effekts war dieselbe, wie die früher von Prof. Nagaoka und einem von uns benutzte. Sie bestand aus einer vertikalen Spule und einem in der Axiallinie der Spule aufgehängten vertikalen Drahte.

Der Draht trug in der Nähe seines unteren Endes einen leichten Spiegel, der zur Messung des Torsionswinkels diente; die Torsion wurde mittels Skala und Fernrohr beobachtet und man konnte mit letzterem eine Torsion von 0,196" pro cm unserer Versuchsobjekte mit Leichtigkeit ablesen. Die Ergebnisse unserer Versuche an Nickelstahl lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Wenn die Richtung des Longitudinalfeldes zu der des Cirkularfeldes in der von der rechten Hand angegebenen Beziehung steht, so wird Nickelstahl in der Richtung des letzteren tordiert, ganz wie dies mit Eisen der Fall ist; wenn das Cirkularfeld konstant erhalten wird, nimmt die Torsion zunächst schnell zu, bis sie ein Maximum erreicht; dann fängt sie an, abzunehmen. Eine Umkehrung der Torsion ist jedoch niemals zu beobachten, wenn das Feld auch 1200 C. G. S.-Einheiten übersteigt. Die Lage der Maximaltorsion verschiebt sich ein wenig nach stärkeren Feldern, wenn der Longitudinalstrom zunimmt. Die Torsion ist bei 45proz. Nickelstahl grösser als bei 35proz. Nickelstahl. Die Maximaltorsion beläuft sich bezw. auf etwa 67" und 42" pro cm für 45 und 35proz. Nickelstahl in einem Felde von 15.5 C. G. S.-Einheiten, wenn der Longitudinalstrom in beiden Fällen 3 Amp. pro Quadratmillimeter beträgt.

2. Die Wirkung einer Dehnung auf die Torsion bei Nickelstahl ist nicht so ausgeprägt wie die einer Dehnung auf die magnetische Längenveränderung bei derselben Legierung. Die Dehnung vermindert die Torsion immer um einen der angewandten Spannung annähernd proportionalen Betrag.

Um die Wirkung einer sehr starken Belastung festzustellen, wurden die dünnen, etwa $1/2$ mm dicken Drähte untersucht. Selbst durch eine Spannung, bei der Kontraktion infolge Magnetisierung eintritt, wird die Torsionsrichtung bei Nickelstahlen nicht umgekehrt, obwohl der Betrag der Torsion auf etwa $1/5$ bis $1/6$ des Wertes ohne Dehnung reduziert wird.

Der Apparat zur Untersuchung des Wiedemannschen Effekts bei ferromagnetischen Stäben war der für den Versuch über die Änderung der Torsionselastizität infolge von Magnetisierung benutzte; der Longitudinalstrom wurde nach dem Stabe mittels Quecksilberkontaktes geleitet, der keinen merklichen Widerstand verursachte. Die Empfindlichkeit des Apparates

war derart, das eine nur $1.83'' \times 10^{-3}$ pro cm betragende Torsion noch leicht abzulesen war.

Die Ergebnisse unseres Versuches an Ferromagnetstäben lassen sich in folgenden Worten zusammenfassen:

1. Der allgemeine Charakter der Torsion von Eisen- und Nickelstäben ist der bei Drähten aus denselben Metallen beobachteten ähnlich. Bei Eisen nimmt der Torsionswinkel für ein gegebenes Cirkularfeld zuerst langsam und dann schnell zu, bis er in einem etwa 100 C. G. S.-Einheiten betragenden Felde ein Maximum erreicht; hierauf fängt er an abzunehmen und ändert schliesslich seine Richtung. Das Feld, in dem diese Torsion ein Maximum erreicht, und ebenso das Umkehrfeld sind bedeutend grösser für den Stab als für den Draht. Die Maximaltorsion beträgt 0.96″ für einen Longitudinalstrom von 8.86 Amp. pro Quadratcentimeter. In einem gegebenen Felde war der Torsionsbetrag annähernd proportional dem Longitudinalstrom.

2. Bei einem Nickelstabe ist die Torsionsrichtung der für Eisen in schwachen Feldern entgegengesetzt; doch das allgemeine Verhalten der Torsion ist der beim Eisen beobachteten ähnlich. In starken Feldern wird jedoch die Torsionsrichtung nicht umgekehrt. Die Maximaltorsion tritt bei einem Felde von etwa 43 C. G. S.-Einheiten ein und beträgt etwa 1.38″ pro cm für einen Strom von 6.55 Amp. pro Quadratcentimeter.

3. Die Richtung der Torsion ist bei Kobalt dieselbe wie für Nickel. Bei Gusskobalt nimmt die Torsion erst langsam und dann schnell zu, bis sie einen Maximalwert erreicht; hierauf nimmt sie allmählich ab und ändert schliesslich ihre Richtung, wenn das Feld vergrössert wird. Der Charakter der Torsion als Funktion der magnetischen Kraft ist daher gerade umgekehrt wie bei Eisen. Die Maximaltorsion entspricht einem Felde von 35 C. G. S.-Einheiten und beträgt 1.65″ pro cm für einen Strom von 17.22 Amp. pro Quadratcentimeter.

4. Das Verhalten des geglühten Kobalts in betreff des Wiedemannschen Effekts ist von dem des Gusskobalts beträchtlich verschieden. Erstens ist die Torsion sehr klein und beträgt nur $^1/_{20}$ des beim Gusskobalt beobachteten Wertes. Zweitens ist das Feld, in dem die Torsion ein Maximum wird, bei geglühtem Kobalt sehr beträchtlich. Drittens ist die Abnahme der Torsion nach dem Maximalwerte sehr langsam und ändert sich seine Richtung nicht, selbst wenn das Feld bis auf 1200 C. G. S.-Einheiten gebracht wird. Diese Ergebnisse, sowohl für geglühtes Kobalt als für Gusskobalt, sind durchaus so, wie sie nach der Magnetostriktion der untersuchten Proben zu erwarten waren.

5. Der Torque-Effekt wird, wie bei dem Versuche über die Änderung der Torsionselastizität infolge von Magnetisierung, mittels eines aufgehängten Gewichtes erzeugt. Wenn das Longitudinalfeld konstant erhalten wurde, fanden wir, dass in allen Fällen die Torquewirkung die von dem Longitudinalstrom hervorgerufene Torsion um einen dem Torque annähernd proportionalen Betrag vermindert.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 3. August 1902.)

— — —

Über Radiumbromid und sein Flammenspektrum.

Von F. Giesel.

Das aus Uranerzen abgeschiedene Radiumrohmaterial besteht hauptsächlich aus Baryum neben etwas Strontium, eventuell Calcium und enthält nur sehr geringe Mengen Radium. Ich habe vor drei Jahren gezeigt, dass eine Anreicherung des Radiums sehr leicht durch fraktionierte Krystallisation der Bromide erfolgt, und dass das Baryum vollkommen auf diese Weise vom Radium befreit werden kann. Eine Reindarstellung des Radiumsalzes konnte nur wegen Materialmangel nicht ausgeführt werden. Jetzt steht mir relativ reichlich Substanz zur Verfügung, sodass zunächst ca. $^1/_2$ g reines Radiumbromid hergestellt werden konnte.

Dasselbe zeigt wasserhaltig bereits eine starke Eigenphosphoreszenz, die nach dem Entwässern sich geradezu prachtvoll gestaltet. Das Phosphoreszenzlicht ist, wie bei meinen älteren unreinen Präparaten bläulich und weist ein kontinuierliches Spektrum auf. Die Wirkung des Salzes auf den Leuchtschirm und die photographische Platte ist eine sehr bedeutende und kann mit der einer kleinen Röntgenröhre verglichen werden.

Beim Krystallisieren bemerkt man mit fortschreitender Reinigung, dass sich die Krystalle nach kurzer Zeit schon in der Flüssigkeit gelblich färben, wie das kürzlich auch von Curies am Chlorid beobachtet worden ist. Radiumplatincyanür ist dem Baryumsalz sehr ähnlich, grünlichgelb, aber schon in wenigen Minuten während des Krystallisierens ändert sich die Farbe und es wird dichroitisch. Es tritt in der Umgebung der Krystalle, besonders solange sie noch etwas feucht sind, starker Ozongeruch auf; bei sehr reiner Substanz wirkt auch die Lösung ozonisierend. 10 g eines noch stark baryumhaltigen Salzes in einer geräumigen Flasche aufbewahrt, liess beim Öffnen noch längere Zeit starken Ozongeruch wahrnehmen, der später durch den Geruch nach Brom verdeckt wurde. Diese Bromentbindung findet dann ununter-

brochen statt, ohne dass es mir bisher gelungen ist am Salze eine alkalische Reaktion oder Bildung von Carbonat nachzuweisen.

Wenn die Reinigung so weit gediehen ist, dass Krystalle des reinen Salzes anschiessen, so ist nach 1—2 Tagen deutliche Gasentbindung in Form von Bläschen an denselben zu bemerken, die aufsteigen und auf der Oberfläche einen Schaum bilden. Früher hatte ich schon beobachtet, dass beim Lösen angereicherter, gelagerter Salze Gasbläschen unter eigentümlichem Knistern (ähnlich wie beim Lösen von Ammoniumpersulfat) aufstiegen. Die Natur dieses Gases ist noch nicht festgestellt.

Das beste Erkennungsmittel der fortschreitenden Reinheit des Präparates ist die Färbung der Bunsenflamme. Während die angereicherten Präparate, wie ich solche vielfach für Demonstrationen benutzt habe, in der Bunsenflamme nur die Grünfärbung des Baryums aufweisen und demgemäss im Spektroskop nur die Baryumlinien hervortreten, geht mit zunehmender Reinigung die Flammenfärbung durch ein fahles Grünrot in Karminrot über.

Das Flammenspektrum des Radiums, wie es sich bei der Betrachtung durch ein Taschenspektroskop darbietet, besteht aus zwei hellleuchtenden Banden im Rot, wovon die nach Gelb zu gelegene die hellere, einer intensiven Linie im Blau gegen Grün dicht nach der äussersten Baryumlinie und zwei verwaschenen Linien im Violett. Bei stärkerer Dispersion unter Anwendung zweier Rutherford-Prismen sieht man, dass die innere Bande scharf begrenzt und homogen ist, während die äussere eine dunkle Trennungslinie, eine helle Linie und Serien aufweist. Die glänzende Linie im Blau ist wahrscheinlich identisch mit der Linie λ 4826,3 die zwei violetten mit 4683,2 und 4340,8 des Funkenspektrums von Demarçay. λ 3814,7 und λ 3646,9 sind wohl wegen der Absorption im Prismenkörper nicht sichtbar. Genaueres wird die demnächst erfolgende Bestimmung der Linien ergeben. Die Baryumlinien sind mit dem Taschenspektroskop kaum erkennbar. Die Gegenwart von Strontium und Calcium in spektroskopisch hervortretenden Mengen ist schon aus chemischen Gründen ausgeschlossen, in Übereinstimmung mit dem spektroskopischem Vergleich. Auffällig bleibt nur, dass Demarçay die starken Banden im Rot nicht beobachtet hat, was ich mir vorläufig nur dadurch erklären kann, dass das Funkenspektrum des Radiums vom Flammenspektrum verschieden sein wird.

Die Intensität des Spektrums des Radiums ist eine derartige, dass wenn man die Bunsenflamme durch eine Perle Baryumbromid färbt und dann gleichzeitig eine Spur Radiumbromid hineinbringt, das Baryumspektrum besonders im Rot ganz übertönt wird. Das Radium ist also auch mit Hilfe der Bunsenflamme zu den spektroskopisch leicht erkennbaren Elementen zu zählen, wie es Demarçay schon für das Funkenspektrum ausgesprochen hat. —

Anm. Kleine Mengen reinen Radiumbromids können von der „Chininfabrik Braunschweig, Buchler & Co." käuflich bezogen werden.

(Eingegangen 9. September 1902.)

REFERATE.



Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. H. Th. Simon.

Das Janus-System.

Das Problem der telephonischen Nebenstellen steht gegenwärtig in der praktischen Telephonie im Vordergrund des Interesses. Während man sich auf der einen Seite bemüht, automatisch wirkende Apparate zu konstruieren, mit deren Hilfe vom Amt aus jede beliebige von vielen in eine einzige Leitung eingeschalteten Stationen allein aufgerufen werden kann, liegt in dem „Janussystem" eine Vervollkommnung solcher Nebenstellenbetriebe vor, bei denen kein Interesse besteht, die Mitwirkung einer bedienenden Person zu beseitigen. Dies ist immer dann der Fall, wenn ein grosses privates Telephonnetz (z. B. einer Fabrik oder Bank) mit einer verkehrsreichen Umschaltestelle vorhanden ist, welches durch eine oder mehrere Leitungen an das staatliche Fernsprechamt angeschlossen werden soll. Bisher war es in solchen Fällen notwendig, dass bei jedem Teilnehmer, ausser dem privaten Sprechapparat, noch eine besondere Poststation installiert wurde, die von dem Privatnetz gänzlich unabhängig war. Auch musste der Verkehr zwischen diesen Teilnehmern und dem staatlichen Amt an besonderen, getrennt aufgestellten Schränken der privaten Umschaltestelle vermittelt werden. Denn der Staat musste verhindern, dass Teilnehmer des Privatnetzes unbefugterweise an die Postleitung angeschlossen werden, da an jede Postleitung im

Maximum nur fünf Sprechstellen angeschlossen werden dürfen.

Durch das Janus-System werden die erwähnten beiden Übelstände beseitigt. Der Sprechapparat eines zur Benutzung der Postleitung berechtigten Teilnehmers wird an einen fest eingebauten Umschalter, geführt, der dem Teilnehmer bequem zur Hand ist, und gestattet, das Sprechsystem ausschliessenderweise entweder an die staatliche oder an die private Leitung zu legen, die beide zu dem privaten Vermittelungsamt führen. So braucht jeder Teilnehmer nur einen Sprechapparat, der sowohl nach aussen (Post) wie nach innen (Privatnetz) gerichtet werden kann.

In dem privaten Vermittelungsamt wird die vom Staatsamt her einmündende Postleitung durch eine Reihe ähnlicher, fest eingebauter Schalter geführt, durch welche die Postleitung mit den zu den einzelnen anschlussberechtigten



Fig. 1.

Teilnehmern führenden Staatsleitungen verbunden werden kann. Läuft ein Anruf von der Post her ein, so bringt der private Umschaltebeamte den Janusschalter des gewünschten berechtigten Teilnehmers in Arbeitsstellung und verständigt den letzteren, dass er seinen eigenen Janusschalter ebenfalls auf „Post" stelle. Alsdann ist die Verbindung vom postalischen Amt durch das private Amt hindurch zum berechtigten Teilnehmer nur durch feste Umschalter hergestellt, nicht aber durch bewegliche Schnurorgane, wie sie sonst auf den Umschaltestellen gebräuchlich sind. Darin liegt die Sicherheit, dass kein unberechtigter Teilnehmer des Privatnetzes mit der Staatsleitung verbunden werden kann, es sei denn, dass ein gewaltsamer Eingriff in die Janusschalter gemacht wird (was natürlich bei Revisionen als betrügerische Manipulation entdeckt werden kann), während sich bei beweglichen Schaltern, wie Klinken und Schnüren, der Nachweis unbefugter Benutzung nicht führen lässt.

Infolgedessen können nun die Janusschalter ohne Bedenken an den privaten Umschalteschränken selbst angebracht werden.

Mit der Zahl der Postleitungen zwischen Staatsamt und Privatnetz wächst die Zahl der



Fig. 2.

Janusschalter ausserordentlich. Da für jede Leitung fünf Teilnehmer anschlussberechtigt sind, so müssen beispielsweise in einer grossen Bank, die über 12 Postleitungen und somit 60 anschlussberechtigte Sprechstellen verfügt, $12 \times 60 = 720$ Janusschalter vorhanden sein. Die einzelnen Schalter werden dann entweder in grosse Kurbelschalter mit je 60 Einzelschaltern zusammengefasst oder die Janusschalter werden nach Art der Klinken in übersichtlichen Horizontal- und Vertikalreihen angeordnet. Alsdann ist aber auch jeder berechtigte Teilnehmer befähigt, jede der 12 Postleitungen zu benutzen, und es wird dann äusserst selten vorkommen, dass überhaupt keine Leitung zur Verfügung steht. Wie dieses System bereits für ganz kleine Geschäftsbetriebe, die mit Linienwählern arbeiten, anwendbar ist, so richtet man auch sehr grosse Privatnetze von einigen Hundert Teilnehmern, die untereinander auf Vielfachumschaltern verbunden werden, für den Janusbetrieb ein; als-

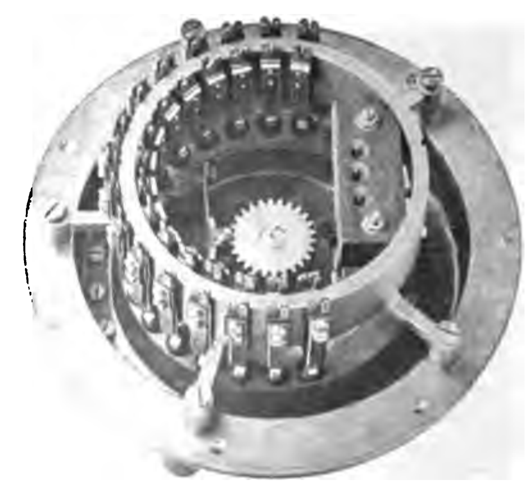


Fig. 3.

dann fällt dem Janusschalter noch die Aufgabe zu, sobald er in Arbeitslage gebracht wird, auf allen Arbeitsplätzen des Privatamtes die betr. Teilnehmerleitung als besetzt zu kennzeichnen. Dies geschieht dadurch, dass ein besonderer Arm des Janusschalters ein Potential von 12 Volt an die Klinkenhülsenleitung des Teilnehmers legt. Die Beamten in einem solchen Privatamt prüfen jede Leitung auf Besetztsein durch Anlegen der Stöpselspitze an die Klinkenhülse, in derselben Weise wie es in den staatlichen Vielfachämtern geschieht.

Einige Januskonstruktionen der A.-G. Mix & Genest sind nebenstehend dargestellt. Fig. 1 zeigt den am Schreibtisch eines Teilnehmers anzubringenden Janusknopf, durch den man momentan sein Telephon von dem Privatnetz weg und auf das Staatsnetz hinüberschalten kann. Fig. 2 und 3 zeigen einen Janushebelschalter für 15 Teilnehmer (die mit 3 Postleitungen verbunden werden können), wie er an den Schränken des Privatamtes angebracht wird. Die Kurbel wird auf einen bestimmten Knopf gestellt und dann durch Niederdrücken des Kurbelgriffs eine Sperrtaste bethätigt. Auf der Rückansicht Fig. 3 erkennt man diese



Fig. 4.

einzelnen Sperrtasten, welche nach Art von Fernsprechklinken aus einer Anzahl von Blattfedern zusammengesetzt sind.

Fig. 4 stellt einen Janusschrank für 12 Postleitungen (60 berechtigte Teilnehmer, 720 Janusschalter) dar. Jede Kurbel entspricht einer Leitung und es können damit je 60 Schalter bestrichen werden. Ausserdem sind an diesen Schrank noch 30 nicht zum Postanschluss berechtigte Teilnehmer angeschlossen. Die 90 Teilnehmer werden also untereinander durch Stöpsel, Schnurpaare und Klinken verbunden; die 60 berechtigten aber mit der Post nur durch die festen, jedem Eingriff entzogenen Janusschalter. L. Rellstab.

(Eingegangen 31. Juli 1902.)

BESPRECHUNGEN.

J. Williard Gibbs, Elementary Principles in Statistical Mechanics, developed with especial reference to the rational foundation of Thermodynamics (Elementare Prinzipien der statistischen Mechanik, mit besonderer Rücksicht auf die rationelle Begründung der Thermodynamik entwickelt). gr. 8. 207 S. New York, Ch. Scribner's sons; London, Edward Arnold. 1902. £ — 17/net.

Die Anregung zur Ausbildung einer „statistischen Mechanik" ist von der Gastheorie ausgegangen. Bei der Berechnung der freien Weglänge, bei der Aufstellung der Zustandsgleichung hat man die Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung angewandt. Dabei ergab es sich, dass die Gültigkeit gewisser Resultate, z. B. des Maxwellschen Gesetzes der Geschwindigkeitsverteilung, bis zu einem gewissen Grade von den über die Molekularkräfte gemachten Annahmen unabhängig war; es entstand der Wunsch, die allgemeinen Konsequenzen aus den Prinzipien der Mechanik und Statistik zu ziehen, ohne von vornherein spezielle Hypothesen über die Moleküle in die Betrachtung einzuführen. Jenen allgemeinen Sätzen der statistischen Mechanik widmet Boltzmann einen Abschnitt seiner Gastheorie (Bd. II, Abschnitt 3); da aber in dem Boltzmannschen Werke die Tendenz vorherrscht, anschaulich die molekularen Vorgänge zu verfolgen, so treten dort jene allgemeinen Methoden in den Hintergrund.

Gibbs hingegen stellt sich in dem vorliegenden Buche die Aufgabe, die allgemeinen Prinzipien der statistischen Mechanik zu entwickeln und die Analogien zu untersuchen, die zwischen ihnen und den Sätzen der Thermodynamik bestehen. Auf spezielle Probleme der Gastheorie geht er nicht ein. Die Darstellung ist sehr abstrakt, und es ist nicht leicht, die Schätze zu heben, die in dem Werke enthalten sind. Wir müssen uns damit begnügen, einige der wichtigsten Resultate hervorzuheben.

Die momentane Konfiguration und Geschwindigkeit eines mechanischen Systems von n-Freiheitsgraden sei bestimmt durch $2n$ Grössen, nämlich durch die (verallgemeinerten) Koordinaten $q_1 \cdots q_n$, und die (verallgemeinerten) Momente oder Impulskomponenten $p_1 \cdots p_n$. Diese $2n$ Grössen bestimmen dann die „Phase", in der das System sich gerade befindet; fasst man dieselben als Koordinaten in einem $2n$-dimensionalen Raume, dem „Phasenraume", auf, so wird die jeweilige Phase des Systems durch einen Punkt im Phasenraume repräsentiert. Bei den Problemen der statistischen Mechanik nun setzt man zwar die mechanische Natur des Systems, d. h. die Abhängigkeit der kinetischen und der potentiellen Energie von den Koordinaten und Momenten, als bekannt voraus, über die Phase des Systems aber weiss man nichts. Man ist darauf angewiesen, alle möglichen Phasen gemeinsam zu betrachten; das geschieht in der Weise, dass eine Menge (ensemble) von Systemen der gleichen Natur betrachtet wird, die über den Phasenraum in stetiger Weise verteilt sind. Entfällt dabei auf ein Gebiet des Phasenraumes, dessen Ausdehnung durch das $2n$-fache Integral

$$\int \cdot \cdot \int_{G(2n)} dp_1 \cdots dq_n$$

gemessen wird, die Zahl von Systemen:

$$\int \cdot \cdot \int_{G(2n)} D\, dp_1 \cdot \cdot dq_n,$$

so nennt man D die „Dichte" der Verteilung, und den Quotienten aus Dichte und Gesamtzahl (N) der Individuen der Menge

$$P = \frac{D}{N}$$

den „Wahrscheinlichkeitskoeffizienten" (coefficient of probability); dieser letztere besitzt einen bestimmten Wert auch dann, wenn man die Gesamtzahl N der Systeme unbegrenzt wachsen lässt. Wie aber der Wert von P von den Variabeln $(p, \cdot \cdot q)$ abhängt, darüber sagt die Wahrscheinlichkeitsrechnung nichts aus. Man kann für den Wahrscheinlichkeitskoeffizienten P eine beliebige stetige Funktion des Ortes im Phasenraume setzen. Ist aber für einen gegebenen Zeitpunkt die Verteilung der Systemmenge im Phasenraume, und dadurch der Koeffizient P gegeben, so folgt aus den Grundgleichungen der Dynamik eindeutig die zeit-

liche Änderung der Verteilung. Denn jene Grundgleichungen, die man hier in der Hamiltonschen kanonischen Form zu verwenden pflegt, bestimmen die zeitlichen Änderungen, welche die Koordinaten und Momente erfahren. Sie ergeben, dass die Ausdehnung eines Gebietes, dessen Begrenzung sich entsprechend den Gesetzen der Dynamik bewegt, invariant ist (Satz von Lionville). Da ein derartig bewegtes Gebiet stets dieselben Systeme einschliesst, so folgt die Invarianz der Phasendichte D und des Wahrscheinlichkeitskoeffizienten P für ein, den Gesetzen der Dynamik gemäss, im Phasenraume sich bewegendes Elementargebiet.

Wenngleich jedes System der Menge sich im Phasenraume bewegt, so sind dennoch Verteilungen möglich, die „statistischem Gleichgewichte" entsprechen. Statistisches Gleichgewicht ist dann vorhanden, wenn in jedes im Phasenraume festes Elementargebiet stets ebensoviele Systeme eintreten, wie austreten. Solche stationären Verteilungen sind es, in denen wir die mechanische Analogie des Wärmegleichgewichts zu suchen haben. Die statistische Mechanik ergiebt für den Wahrscheinlichkeitskoeffizienten P eine ganz bestimmte, das statistische Gleichgewicht charakterisierende Bedingung. Durch dieselbe wird indessen P noch keineswegs eindeutig als Funktion des Ortes im Phasenraume bestimmt. Gibbs greift nun eine ganz bestimmte stationäre Verteilung der Systemmenge heraus, welche er die „kanonische" nennt. Ist ε die Energie des Systems, so ist für die kanonische Verteilung:

$$P = e^{\frac{\psi - \varepsilon}{\Theta}}$$

der Wahrscheinlichkeitskoeffizient,

$$\eta = \ln P = \frac{\psi - \varepsilon}{\Theta}$$

der „Wahrscheinlichkeitsexponent" (index of probability). Die kanonische Verteilung hängt ab von der Konstante Θ, welche der „Modul" der Verteilung genannt wird, und von gewissen, in den Ausdruck der Energie ε eingehenden Parametern $(a_1, a_2 \cdots)$. Durch diese Grössen ist das ψ bestimmt; es ist nämlich die Wahrscheinlichkeit dafür, dass das System sich überhaupt im Phasenraume befindet, gleich 1, mithin

$$e^{-\frac{\psi}{\Theta}} = \int_{\text{phases}}^{\text{all}} \cdots \int e^{-\frac{\varepsilon}{\Theta}} dp_1 \cdots dq_n.$$

Es sind die Mittelwerte der Energie ε und des Exponenten η, genommen für den ganzen Phasenraum:

$$\bar{\varepsilon} = \int_{\text{phases}}^{\text{all}} \cdots \int \varepsilon \cdot e^{\frac{\psi - \varepsilon}{\Theta}} . \, dp_1 \cdots dq_n$$

$$\bar{\eta} = \int_{\text{phases}}^{\text{all}} \cdots \int \left(\frac{\psi - \varepsilon}{\Theta}\right) . \, e^{\frac{\psi - \varepsilon}{\Theta}} dp_1 \cdots dq_n.$$

Gibbs bemüht sich nun, nachzuweisen, dass die letztgenannten Grössen in gewisser Weise den aus der Thermodynamik bekannten entsprechen; die kanonische Verteilung soll dem Wärmegleichgewicht entsprechen, der Modul Θ der Temperatur, der Mittelwert der Energie $(\bar{\varepsilon})$ der inneren Energie, der negative Mittelwert des Exponenten $(-\bar{\eta})$ der Entropie, endlich ψ der freien Energie. Die Analogie mag an drei besonders charakteristischen Sätzen erläutert werden. Erstens: zwei kanonisch verteilte Mengen von demselben Modul ergeben, kombiniert, wieder eine kanonisch verteilte Menge von dem gleichen Modul. Zweitens: ändert man den Modul der kanonischen Verteilung, und gleichzeitig die äusseren Koordinaten $a_1, a_2 \cdots$, so gilt

$$d\bar{\varepsilon} = -\Theta \, d\bar{\eta} - \bar{A}_1 \, da_1 - \bar{A}_2 \, da_2 - \text{etc.},$$

wo $\bar{A}_1$, $\bar{A}_2$ die Mittelwerte der auf die Koordinaten a_1, a_2 einwirkenden Kräfte sind. Entspricht die kanonische Verteilung dem Wärmegleichgewicht, so entspricht eine Folge von kanonischen Verteilungen einem reversiblen Prozess, mithin der zweite Satz der Definitionsgleichung der Entropie. Drittens endlich gilt der Satz: unter allen Verteilungen einer Menge von Systemen, von der gleichen mittleren Energie $\bar{\varepsilon}$, besitzt die kanonische Verteilung den kleinsten Wert des mittleren Exponenten $\bar{\eta}$ $(\eta = \ln P)$. Diese letztgenannte Eigenschaft der kanonischen Verteilung entspricht der Eigenschaft des Wärmegleichgewichts, die Entropie, bei gegebener Energie, zu einem Maximum zu machen.

In der Definition der kanonischen Verteilung sind enthalten: das Maxwellsche Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung; die Relationen, welche die Temperatur mit der mittleren kinetischen Energie verknüpfen; ferner, insofern als in ε die potentielle Energie der äusseren und inneren Kräfte eingeht, die Ärostatik und die für die Aufstellung der Zustandsgleichungen fundamentalen Wahrscheinlichkeitssätze. Stützt man sich auf die für die kanonische Verteilung geltenden Beziehungen, so ist man sicher, niemals in Widerspruch mit der Thermodynamik zu geraten. Auch ist die Temperatur kinetisch definiert für einen beliebigen Körper, sei es ein Gas, eine Flüssigkeit, oder ein fester Körper; gelten doch jene Sätze für ein beliebiges mechanisches System mit einer endlichen Zahl von Freiheitsgraden. Um die kinetisch definierte Temperatur Θ mit der thermodynamisch definierten zu vergleichen, muss man allerdings auf die idealen Gase rekurrieren; es ergiebt sich eine, von der Loschmidtschen Zahl abhän-

gige Proportionalität. Diese aus den Gesetzen der idealen Gase abgeleitete Beziehung zwischen der absoluten Temperatur und dem Modul der kanonischen Verteilung ist ohne weiteres auf ganz beliebige Körper zu übertragen.

In der Definition der kanonischen Verteilung liegt eine gewisse Willkür; es giebt, wie Gibbs zeigt, andere Verteilungen, die sich gleichfalls im statistischen Gleichgewichte befinden, und auch gewisse Analogien zum Wärmegleichgewichte darbieten. Unter diesen besitzt diejenige Verteilung ein besonderes Interesse, die von Gibbs „mikrokanonische Verteilung" genannt wird; dieselbe ist mit der „ergodischen" Verteilung Boltzmanns identisch. Hier hat die Energie eines Systems der Menge einen vorgegebenen Wert, während bei der kanonischen Verteilung die Energie für verschiedene Systeme der Menge verschiedene Werte annehmen konnte. Die mikrokanonische Verteilung giebt ein mechanisches Bild des thermodynamischen Gleichgewichts, welches ein in eine adiathermane Hülle gebrachter Körper annimmt; die kanonische Verteilung hingegen entspricht einem Körper, der in einen Thermostaten gebracht ist; die Energie des letzteren wird fortwährend um ihren Mittelwert schwanken, da Energieaustausch der Moleküle des Körpers und derjenigen des Wärmereservoirs stattfindet. Dass diese Schwankungen in praxi nicht zu berücksichtigen sind, dass man die innere Energie eines Körpers der oben definierten mittleren Energie $\bar{\varepsilon}$ gleich setzen darf, ist auf die enorm grosse Zahl der Freiheitsgrade der hier betrachteten Systeme zurückzuführen.

Ein Kapitel seines Werkes widmet der Autor den prinzipiellen Einwänden, die in den letzten Jahren gegen die mechanische Deutung irreversibler Prozesse erhoben sind, und die sich gerade auf die Sätze der statistischen Mechanik stützten. Indem er die Tendenz zum Wärmegleichgewicht an einer hydrodynamischen Analogie veranschaulicht, macht er es wahrscheinlich, dass jene anscheinenden Widersprüche bei einer sachgemässen Formulierung verschwinden. Das wesentliche Resultat des Werkes ist allerdings zu sehen in der mechanischen Begründung der auf das Wärmegleichgewicht und auf reversible Prozesse bezüglichen Sätze der Thermodynamik. M. Abraham.

(Eingegangen am 15. Juli 1902.)

A. Gleichen, Lehrbuch der geometrischen Optik. (A. u. d. T.: Teubner's Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften. VIII.) gr. 8. XIV u. 511 S. mit 251 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner. 1902. Gebunden M. 20.—

Die mir freundlichst übertragene Besprechung dieses Werkes bietet mir umsomehr Interesse, als ich vor zwei Jahren nahe daran war, eine Bearbeitung des gleichen Themas zu veröffentlichen. Der Umstand jedoch, dass meine Theorie des achsennahen Strahlenganges durch beliebig dicke Linsen mit beliebigen Abständen zur Zeit im Institut Steinheil auf ihre praktische Verwertbarkeit geprüft wird, trug wesentlich zu einer Verschiebung auf spätere Zeit bei; ich bin diese Erklärung nach verschiedenen Seiten schuldig. Nun liegt das Werk des Verfassers vor und ich kann dasselbe nur als ein sehr verdienstliches bezeichnen. Bewundernswert ist der Fleiss, mit dem er eine Fülle teils schwer verständlichen, teils schwer zugänglichen Materials zur Verwertung brachte — ich nenne in letzter Hinsicht die Tabellen, vollständigen Durchrechnungen, Konstruktionsangaben von den Firmen selbst oder aus deren Patentschriften. — Zudem ist das Werk leicht lesbar, während z. B. die berühmte Bearbeitung von Czapski für manchen ein Buch mit sieben Siegeln bleiben wird. Kurz gesagt, es stellt eines der wenigen wirklich praktischen theoretischen Lehrbücher vor, und selbst der Fachmann wird aus ihm eine Reihe interessanter Dinge schöpfen. Unbeschadet dieses Urteils wird man freilich in einer Anzahl von Punkten anderer Meinung sein können, und ich werde mir erlauben, an Stichproben eine wissenschaftliche Auseinandersetzung zu knüpfen. Zuvor will ich jedoch den Inhalt kurz skizzieren: Nach einem einleitenden Kapitel (Grundeigenschaften, Spiegelung und Brechung) folgen Astigmatisches Strahlenbündel, Brechung an einer Ebene, Prismen und Prismensysteme, Spiegelung an Kugeln, Brechung an Kugeln (achsennahe Strahlen), Centriertes System von Kugelflächen (idealer Strahlengang), Linsen, Aberrationen 1. Ordnung, Astigmatismus und Koma, Erweiterung des Abbildungsgebietes, Orthoskopie (idealer und wirklicher Strahlengang), Dispersion, Krümmung der Bilder, Geometrische Strahlung und Photometrie, Auge, Fernrohre (Eigenschaften, Objektiv, Okulare, Geschichte), Lupe und Mikroskop, Photographische Objektive, Spektroskop und Photometer. Im ganzen 20 Kapitel mit reicher, ein Sachregister einigermassen ersetzender Untergliederung. 251 Figuren auf 511 Seiten ausführlichen Textes tragen zum leichten Verständnis bei.

Und nun zum Detail: Die beugungstheoretische Optik schliesst der Verfasser grundsätzlich aus, wiewohl sie auch in der Praxis heutzutage nicht mehr umgangen werden kann.

Wenn er aber Seite IV des Vorworts meint, die physische Bildentstehung sei „wenigstens" für selbstleuchtende Körper bereits gelöst, so halte ich diese bei Fernrohr und Mikroskop auch für beleuchtete Körper in erster Annäherung für gelöst. Die strenge Theorie des Gitter-

spektroskops allein führt bereits in den einfachsten Fällen zu Integralen Besselscher Funktionen mit gebrochenem Index und ist zudem derart mit praktischen Zufälligkeiten (Ritzenprofil, Teilungsfehler) verquickt, dass ein Erfolg fast aussichtslos erscheint. Ungern wird man die Abbildungstheorie von Thiesen vermissen, welcher von der Zeit als Grundprinzip ausgeht. Dafür nähert sich der Verfasser im zweiten Kapitel meinem Standpunkt (welcher die Wellenfläche als Hauptsache ansieht und unmittelbar zur beugungstheoretischen Behandlung überleitet), ohne indessen die Konsequenzen zu ziehen. Übrigens findet ja der Geltungsbereich der Identität „Wellennormale = Lichtstrahl", auf welcher sich gewöhnlich die geometrische Optik aufbaut, bereits am Gebiet der Krystalloptik seine Grenze, indem hier im allgemeinen beide Richtungen nicht mehr zusammenfallen. — Interessant ist mir die Formel für sphärische Aberration (13) S. 115; hätte sie nämlich der Verfasser noch weiter verfolgt, wäre er zu der von mir in der Zeitschr. f. Instrumentenkde. 1901 (Januar) mitgeteilten Formel gekommen. — Der Kreis kleinster Aberration (engster Einschnürung) S. 124 ist ein direkter Beweis für die Notwendigkeit beugungstheoretischer Betrachtung; infolgedessen wird die aus Czapski übernommene Betrachtung von Gauss S. 131 hinfällig; der Verfasser hätte ruhig erwähnen können, dass hier die Beugungstheorie im Gegensatz zur geometrischen Optik steht. — Die Sinusbedingung S. 172 betrifft — den bisherigen Darstellungsweisen folgend — nur den einfachen Fall einer Linse, durch deren optischen Mittelpunkt die abbildenden Hauptstrahlen gehen. Statt dessen habe ich obigem Institut ein allgemeines Theorem mitgeteilt für die Fälle, in welchen komahaltige dünne Strahlenbündel durch einen beliebigen Blendenort gehen, d. h. zum Beispiel für die Zwecke der photographischen Optik. Gleichfalls setzte ich es in Besitz des allgemeinen Theorems für Orthoskopie in algebraischer Form; die S. 184 gegebene Darstellung ist wie alle früheren nur trigonometrisch, d. h. hintennach verwendbar, nicht zum Zweck der Erfindung einer Konstruktion; eine Ausnahme machen so einfache Fälle, wie S. 192. Man kann mithin die bisher bekannten optischen Theoreme auf den Umstand hin prüfen, ob sie zur Erfindung neuer Typen brauchbar sind, oder lediglich nach (irgendwie erfolgter) Aufstellung eines Typus zur Erprobung seiner Tauglichkeit bezw. Endkorrektion bei nachgewiesener Tauglichkeit. Hier muss meinen Ideen nach der Fortschritt in der Verbindung von Theorie und Praxis einsetzen. — Die vom Verfasser S. 212 bezweifelte allgemeine Bedingung für stabile Achromasie befindet sich jetzt in unserem Besitz. S. 222 begegne ich wieder dem Verfasser auf gleichem Wege. Auch ich habe anfangs d. J. in der Centralztg. f. Optik u. Mech. darauf aufmerksam gemacht, dass das Petzval-Theorem bisher irrtümlich als für dünne Linsen gültig erachtet wurde. Auch ich halte es nicht für unwahrscheinlich, dass Petzval auf dem S. 221 angegebenen Wege sein Theorem gefunden hat. Nur erschüttert der Verfasser S. 223 wieder den Glauben an dasselbe; denn eine so intensive Strahlenvereinigung an jeder einzelnen Fläche findet eben niemals statt. Das strenge, allgemeine Theorem, welches ich obigem Institut zur Verwertung übergab, verlangt dies übrigens nicht. — Leider unterdrückt der Verfasser ebenso, wie Czapski, S. 229 den Beweis der Formeln für meridionale und sagittale Bildkrümmung; so umständlich finde ich die Ableitung gar nicht; freilich mit den a. a. O. gegebenen Fingerzeigen wusste ich wenig anzufangen; ich habe es thatsächlich leichter gefunden, alle Formeln selbst abzuleiten, und habe dies nicht zu bereuen. Wo der Verfasser die gleiche Neigung bekundet, da scheint es mir nur zum Vorteil ausgefallen zu sein. — Das Gleichungssystem S. 231 kann ich nicht gutheissen. Der Verfasser verwendet gegen seine eigene Auffassung (S. 223) das Petzval-Theorem, obwohl der Astigmatismus nicht gehoben ist. — S. 260 vermisse ich die Erörterung der Bedeutung des Sehwinkels bezw. ihrer Beschränkung infolge der Änderung der hinteren Knotenweite mit der Akkommodation. — S. 293 und 314 geht nicht klar hervor, ob die Fraunhofer-Objektive mehr den Objektiven gleichen, welche nach dem Achsensatz (Herschel-Bedingung), oder denen, welche nach dem Sinussatz konstruiert sind. Bisher glaubte ich immer das letztere. — S. 312 vermisse ich das durch beugungstheoretische Betrachtungen als richtig nachgewiesene Scheibner-Prinzip. — Bezüglich der Gauss-Bedingung S. 313 ist deren Nutzlosigkeit beugungstheoretisch gezeigt worden. Über „nachträgliches Anschleifen von sphärischen Zonen" (s. auch S. 334) zur empirischen Verringerung von Fehlerresten haben Steinheil und ich unsere eigene Meinung. Diese Fehlerreste sind nicht rechnerischer, sondern mechanischer Natur. Die vorher schon fehlerhaften Zonen werden nachträglich ausgebessert. — Bei den Formeln von Moser S. 315 vermisse ich die von Charlier; von meinen eigenen will ich nicht weiter reden. — S. 318 ist die Rede von Objektiven mit vermindertem sekundärem Spektrum. Der wahre Einfluss desselben und die Zurückführung der Achromasie höherer Ordnung auf ihren wahren Wert sind jedoch Gegenstände beugungstheoretischer Untersuchung. Auf diesem Gebiet sind viele irrige und übertriebene Ansichten verbreitet. — S. 342: Die „monocentrischen Okulare" stammen aus dem

Institut Steinheil (nicht Zeiss) und heissen so, weil sämtliche Flächen nur ein Krümmungscentrum haben. — Der Abriss über Spiegelteleskope S. 348 ist sehr spärlich ausgefallen. Ich vermisse z. B. den durch das Glas wirkenden Spiegel von Mangin sowie die von Hugo Schröder gemachte Bemerkung, dass die Kombination von Gregory eine Verminderung des Sinusfehlers herbeiführt. — Beim akkommodationslosen Sehen S. 362 ist b (nicht a) $= \infty$; es würde sich ergeben $N = l/f = \infty$. — S. 364: Zum erstenmal finde ich die richtige (strenge) Formel für die Vergrösserung der Lupe; Czapski und mit ihm Classen geben sie wohl auch, ersetzen sie aber gleich wieder durch eine um nichts einfachere, nur angenäherte Formel. Eine überraschend kurze und einfache Ableitung gebe ich zur Zeit in der Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie **19**, 32, 1902). Leider wendet der Verfasser diese strenge Formel nicht auf Fernrohr sowie Mikroskop an; es ist fast unbekannt, dass deren Vergrösserung sich, streng genommen, mit dem Orte des Auges ändert. — S. 372 vermisse ich die Kontroverse Abbe-Thiesen bezüglich der aplanatischen und orthoskopischen Punkte, welche auf einem Missverständnis beruht. — Die Helligkeit der mikroskopischen Bilder S. 374 ist nur dann dem Quadrat der Apertur proportional, wenn die Apertur gleichmässig lichterfüllt ist. — Bezüglich der Sehtiefe S. 375 habe ich nachgewiesen, dass sie ein beugungstheoretischer Begriff ist. Wenn im mikroskopischen Präparat mehrere Schichten übereinander liegen oder das Bild selbst aus mehreren Schichten gegensätzlichen Charakters besteht, dann fangen die Schwierigkeiten der geometrischen Optik an. — S. 391: Auch bei Mikroskopobjektiven ist nachgewiesenermassen der Wert der Gauss-Bedingung ein mehr oder weniger beschränkter. — Die Konstruktionsidee der Apochromate S. 392 ist nicht genügend dargelegt; hier wurde auch der Verfasser von den Firmen im Stich gelassen. Die 12 bis 15-malige Übervergrösserung S. 393 wurde von Czapski selbst auf 7 bis 9mal eingeschränkt. Auch hier ergeben meine Studien, dass in der Praxis manches anders ist als in der Theorie. — Wenn der Verfasser S. 416 meint, es gebe „im allgemeinen keine Methode mehr, auf analytischem Wege brauchbare Radien für eine Kombination zu ermitteln" (es handelt sich um photographische Systeme), so ist dies zur Zeit glücklicherweise bereits anders; freilich zur Endkorrektion für grosses Gesichtsfeld bleibt die trigonometrische Durchrechnung unentbehrlich. — Bei der Erwähnung der Hartingschen Formeln zur Berechnung von Aplanathälften S. 473 vermisse ich die Formeln desselben über die meridionale und sagittale Bildkrümmung und deren Zusammenhang mit den Aberrationen.

Bezüglich dieser Formeln erlaube ich mir zu bemerken, dass sie meines Erachtens nicht völlig richtig sind. — Bezüglich der Rudolphschen Sätze S. 482 bezweifle ich, ob sie den Kern des Problems erreichen; die v. Hoeghsche Betrachtungsweise ist mir mehr sympathisch. — Ich kann mich den Anschauungen des Verfassers über das Petzval-Theorem S. 485 nicht anschliessen, weder bezüglich des Blendenortes, noch bezüglich der Aberrationen S. 486. — Die Helligkeit eines Sternes, S. 507 und 277, ist nur dann der Fläche der Öffnung proportional, wenn die Vergrösserung des Fernrohrs im gleichen Verhältnis sich ändert, d. h. die Austrittspupille unverändert bleibt.

Ich bin am Ende meiner Auslese. Meinungsverschiedenheiten werden auf einem so schwierigen und grossen Gebiet sobald nicht verschwinden. Den Eindruck vermögen sie gleichwohl nicht zu verwischen, dass das Werk von Gleichen neben den Standwerken eines Czapski sowie Steinheil und Voit ein nützliches Glied in der Kette der praktisch verwertbaren Lehrbücher zu bilden vermag, wovon ich nur wünschen kann, dass sich der hier um Rat fragende Leser (deren es nach meinen persönlichen Erfahrungen nicht zu wenig geben dürfte) selbst überzeugen möge. Karl Strehl.

(Eingegangen 2. Juli 1902.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Dem Ingenieurassistenten für Ingenieurwesen an der Technischen Hochschule Karlsruhe, Liz. der Mathematik K. J. Kriemler, wurde unter Zurückziehung des Lehrauftrages für technische Mechanik ein Lehrauftrag für Konstruktionsübungen in den Elementen des Ingenieurwesens nebst zugehörigem Vortrag, sowie zur Abhaltung des Vortrages über Mechanik für Architekten erteilt.

An Stelle des im Juli in den Ruhestand getretenen Geheimrats Professors Dr. Winkler an der Bergakademie zu Freiberg i. S. wurde die erledigte Professur der Chemie, sowie die Leitung des Chemischen Instituts dem ausserordentl. Professor, ersten Assistenten an diesem Institut, Dr. phil. O. Brunck übertragen.

Dr. A. Prey ist als Privatdozent für Astronomie und Geodäsie an der philosophischen Falkultät der Universität Wien, der Assistent J. Hanus als Privatdozent an der böhmischen technischen Hochschule in Prag zugelassen worden.

Professor W. Wien in Würzburg erhielt einen Ruf als ordentlicher Professor der theoretischen Physik an die Universität Leipzig, an die Stelle Prof. Boltzmanns.

Professor E. Meyer von der Technischen Hochschule zu Charlottenburg ist von der philosophischen Fakultät der Universität Göttingen zum Ehrendoktor ernannt worden.

Privatdozent Dr. A. Coehn erhielt den Professorentitel.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1902/03.

Technische Hochschule Aachen.

Wüllner: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Magnetismus und Elektrizität, 6; Physik in mathematischer und experimenteller Behandlungsweise: Die Lehre von den schwingenden Bewegungen, 3; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Wien), tägl. — **M. Wien**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalische Technik, als Einleitung

zu den Übungen im physikalischen Laboratorium, 2; Experimentalphysik enzyklopädischer Kursus: Mechanik, Elektrizität, Magnetismus, 2. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Fernsprechwesen, 2. — **Polis**: Meteorologie I: Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie für Studierende des Wasserbau-Ingenieurfaches I, 1; Meteorologische Technik, 1; Übungen im meteorologischen Observatorium. — **Grotrian**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 5; Theoretische Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum. — **Rasch**: Elektrische Bahnen, 2; Entwerfen dynamoelektrischer Maschinen und Transformatoren, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Herrmann**: Mechanische Technologie I, 3; Fabrikanlagen und Arbeitsmaschinen, 2, Zeichnen, 2. — **Weber**: Mechanische Technologie II, 4. — **Junkers**: Arbeiten im maschinen-technischen Laboratorium I, 1, II, 1. — **Köchy**: Lokomotivbau II, 2; Eisenbahn-Maschinenbau, 2, Zeichnen, 1; Maschinenelemente, 4, Übungen, 5. — **Lüders**: Maschinenkunde I, 3, II, 6, Entwerfen, 5. — **Obergethmann**: Maschinenbau, 6, Übungen, 6; Maschinenkonstruieren, 6. — **Pinzger**: Theoretische Maschinenlehre II, 6; Kinematik, 2. — **Lutz**: Maschinenzeichnen, 1, Übungen, 2; Maschinenskizzieren, Übungen, 2; Kleinkraftmaschinen, 2; Enzyklopädische Maschinenlehre, 4, Übungen, 2; Heizung und Lüftung der Gebäude, 2. —

Bredt: Chemie des Benzols und des Pyridins, 3; Organisches Praktikum (mit Levy). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 6; Massanalyse, 1; Experimentalchemie, für Architekten, Bau- und Maschineningenieure, 2; Anorganisches Praktikum (mit Clören, Fischer, Houben und Trenzen); Elektrochemisches Praktikum (mit Verwer). — **N. N.**: Entwerfen von chemischen Fabrikanlagen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Hodes und Strutz). — **Rau**: Technische Chemie, 4; Wärmetechnisches Praktikum, 2. — **Danneel**: Physikalische Chemie, 2; Grundlagen der physikalischen Chemie, 1. —

Jürgens: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Kaufmännisches Rechnen, 2, Übgn.; Versicherungsmathematik, 2, Übungen. — **Kötter**: Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Graphische Statik, 3, Zeichnen, 2. — **v. Mangoldt**: Höhere Mathematik I: Differentialrechnung und analytische Geometrie der Ebene, 8; Mathematische Einleitung in die Maxwellsche Elektrizitätstheorie, 2. — **Sommerfeld**: Mechanik I, 4, Übungen, 1, II, 3, Übgn., 1; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Mechanik, für Vorgeschrittenere, 2 *g*. — **Haussmann**: Markscheiden und Feldmessen, 4; Markscheiderische Zeichen- und Rechenübgn., 2; Übungen im Markscheiden und Feldmessen, 1 Nachmittag; Enzyklopädie der Markscheidekunde, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Markscheidekunde, 1; Instrumentenkunde, 2; Sphärische Trigonometrie 1; Trigonometrische Übungen, 2. — **N. N.**: Praktische Geometrie I, 3, II, 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II, 4; Ausgewählte Kapitel der Geodäsie, 1 *g*; Eisenbahn-Tracieren, 2, Übungen. —

Universität Basel.

Hagenbach-Bischoff: Experimentalphysik II: Lehre des Lichtes, der Wärme und der Elektrizität, 6; Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*. — **VonderMühll**: Analytische Mechanik, mit Übungen, 4; Über ein zu bestimmendes Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Interferenzerscheinungen des unpolarisierten Lichtes, 2 *g*. —

Piccard: Repetitorium der organischen und unorganischen Chemie, 2 *g*. — **Nietzki**: Organisches Vollpraktikum (mit Rupe), tägl.; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 3; Chemisches Kränzchen (mit Rupe), 1 *g*. — **Kahlbaum**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen physikalischen Chemie, $1^1/_2$; Kolloquium über theoretische Chemie, 3 *g*.; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, mit Übungen, 4; Technisch-analytisches Praktikum, tägl. — **Rupe**: Die Methoden der organischen Synthese, 2 *g*. — **Fichter**: Einführung in die Elektrochemie, 1 *g*.; Organisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*. —

Kinkelin: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Differential- und Integralrechnung I, 3; Differentialgleichungen, 3; Mathematische Übungen im Seminar, 1. — **Riggenbach**: Sphärische Trigonometrie und Einleitung in die sphärische Astronomie, 3; Astronomische Übungen, 2. —

Universität Berlin.

E. Warburg: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, mathematische Ergänzungen, 1 *g*.; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalischen Laboratorium, a) für Geübtere, tägl., b) für Anfänger (mit Blasius), 7, c) für Pharmazeuten (mit Starke), $3^1/_2$. — **Aschkinass**: Elemente der höheren Mathematik mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung in den Naturwissenschaften, 2. — **Fock**: Einleitung in die Chemie und Physik, 1; Elemente der Krystallphysik, 1. — **Weinstein**: Allgemeine Physik, 3; Wärme, Elektrizität und Magnetismus der Erde, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik III: Elektrizität und Magnetismus, 4, Übungen, 1 *g*. — **Planck**: Theorie der Wärme, einschliesslich Thermochemie, 3; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Neesen**: Geometrische Optik mit Berücksichtigung der photographischen Objektive, 1 *g*. — **Martens**: Theorie und Anwendung optischer Instrumente, mit Demonstrationen, 1 *g*. — **Pringsheim**: Interferenz und Polarisation des Lichtes (experimentell), $1^1/_2$ *g*. — **Lummer**: Grundlage der Spektralanalyse und Grenzen ihrer Anwendbarkeit, mit Experimenten, $1^1/_2$ *g*. — **Starke**: Elektrische Wellen (experimentell), 1. — **v. Wesendonk**: Über elektrische Wellen, 1 *g*. — **Raps**: Die neuesten Anwendungen der Elektrizität (Schnelltelegraphie, Telegraphie ohne Draht, Röntgenstrahlen), mit Demonstrationen, 1. — **E. Meyer**: Einführung in die Technik, 2; Technische Exkursionen, *g*. — **v. Ihering**: Maschinenkunde 2, Übungen 2. — **Blasius**: Übungen im Anschluss an das physikalische Praktikum, 1 *g*.; Physikalischer Kursus für Mediziner, $3^1/_2$. — **v. Bezold**: Allgemeine Meteorologie, 2; Über Wind und Wetter, 1 *g*; Meteorologische Übungen, tägl.; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Meinardus**: Meteorologische Instrumente und Beobachtungen, 1; Physik des Meeres mit bes. Berücksichtigung des Atlandischen Ozeans, 2. — **Assmann**: Ausgewählte Kapitel aus der Meteorologie, 1 *g*. — **Less**: Über die jeweiligen Witterungsvorgänge, 1 *g*.; Grundzüge der landwirtschaftlichen Klimalehre, 1 *g*. —

Landolt: Praktische Übungen im zweiten chemischen Universitäts-Laboratorium, tägl.; Physikalisch-chemische Arbeiten (mit Jahn), tägl. — **E. Fischer**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im ersten chemischen Universitäts-Laboratorium (mit Gabriel, Harries, Pschorr und Ruff), tägl. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Chemische Technologie für Juristen, 2; Chemische Technologie der Kohle und der Teerfarbstoffe, 2; Übungen im technologischen Institut, tägl. — **Pinner**: Anorganische Experimentalchemie, 6. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie I, 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Biedermann**: Technische Chemie II: Organische Stoffe, mit Demonstrationen, 4. — **Gabriel**: Massanalyse und Gasanalyse, 2. — **Will**: Geschichte der Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Chemie, 1 *g*. — **Jahn**: Elemente der Differential- und Integralrechnung für Chemiker, 1 *g*.; Allgemeine theoretische und physikalische Chemie, 4. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 4; Toxikologische Chemie, 2; Praktische Übungen in der chemischen Analyse, tägl. — **Schotten**: Die Fabrikation des Zuckers und ihre wirtschaftliche Bedeutung, 2. — **H. Traube**: Mikrochemische Analyse mit Übungen, 1. — **Marckwald**: Analytische Chemie, 2. — **Wohl**: Chemie der Kohlehydrate, 1. — **Rosenheim**: Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Praktische Übungen in der Gas- und Massanalyse, 3; Kolloquium der anorganischen Chemie, $1^1/_2$. — **W. Traube**: Über Alkaloide, 1. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Harries**: Experimentalchemie der Benzolderivate, 2. — **Meyerhoffer**: Elektrochemie, 1. — **Emmerling**: Chemische und bakteriologische Wasseruntersuchung. — **R. J. Meyer**: Qualitative chemische Analyse, 1; Die Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung, 1. — **Buchner**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum im chemischen Laboratorium der landwirtschaftlichen Hochschule, ganz- oder halbtägig. — **Pschorr**: Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Ruff**: Kolloquium über anorganische Chemie, 2. —

Schwarz: Maxima und Minima in elementargeometrischer Behandlungsweise, 2 *g.*; Differentialrechnung, 4, Übungen 14 tägig, 2; Anwendungen der Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Mathematische Kolloquien, 14tägig, 2 *g.* — **Frobenius**: Theorie der Determinanten, 4; Algebra, 4. — **Hettner**: Theorie der bestimmten Integrale, 2. — **Knoblauch**: Theorie der Raumkurven und der krummen Flächen, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematische Übungen für jüngere Semester, 1 *g.* — **Lehmann-Filhés**: Analytische Geometrie, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1 *g.* — **Hensel**: Integralrechnung, 4, Übungen, 14tägig, 2; Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **Landau**: Zahlentheorie, 4; Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4; Mengenlehre, 1 *g.* — **Foerster**: Astrometrie II: Ausgleichung der fundamentalen Ortsbestimmungen am Himmel durch Zeitmessung, 4; Die Grundlagen der Fehlertheorie, 1 *g.*; Die Berechnung von Meteorbeobachtungen, Wolkenhöhen u. dgl., 1½ *g.* — **Helmert**: Über die Bestimmung der Figur der Erde, 1 *g.*; Schwerkraft und Gestalt der Erde, 1. — **Bauschinger**: Theorie der Sonnenfinsternisse, 1 *g.*; Theorie der speziellen Störungen, 3; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 1½ *g.* — **Scheiner**: Photometrie der Gestirne, 2; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g.* — **Battermann**: Ausgewählte Kapitel aus der sphärischen Astronomie, 1½. — **Marcuse**: Physik der Erde und ihre Beziehungen zur Himmelskunde, mit Lichtbildern, 1½; Einführung in die Theorie und Praxis geographisch- und nautisch-astronomischer Ortsbestimmungen, einschliesslich der bei Forschungsreisen vorkommenden Aufgaben, 1½; Astronomische Übungen zur geographischen Ortsbestimmung auf der Königl. Sternwarte. —

Technische Hochschule Berlin.

Paalzow: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 4, für Praktikanten der chemischen Laboratorien, 2; Mathematische Physik, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Masseinheiten und Messmethoden, 2; Physikalische Massbestimmungen und Messinstrumente, Übungen, 4. — **Gross**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Einleitung in die mathematische Physik, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2. — **Rubens**: Experimentalphysik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium (Physikalische Messungen), 4. — **Weingarten**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Mechanik, 5; Mathematische Physik, 2. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Über elektrische Schwingungen, 1; Elementare Mechanik, 2. — **Servus**: Einführung in das Studium der Elektrotechnik, 2; Theorie und Berechnung der Gleichstrommaschinen und Motoren, 2. — **Gleichen**: Photographische Optik und Anleitung zur Berechnung photographischer Objektive, 2; Einleitung in die Theorie der optischen Instrumente, 2 *g.* — **Jahnke**: Einführung in die Vektoranalysis mit Anwendung auf Mechanik und Elektrotechnik, 2; Repetitorium über ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2. — **W. Hartmann**: Maschinengetriebe (Anwendungen der Kinematik), 2; Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2. — **N. N.**: Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 3. — **Roessler**: Wärmemechanik, 4; Wechselstromtechnik, 4; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Slaby**: Elektromechanik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Elektromechanik, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding), 36. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **W. Wedding**: Enzyklopädische Elektrotechnik mit Einschluss der Elektrotelegraphie mit Experimenten a) Elektrotechnik, 2, b) Elektrotelegraphie, 1; Elektrotechnische Messkunde, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Verkehrsunternehmungen II, 2; Elektrische Sicherheitstechnik für Starkstromanlagen und Bahnen II, 2. — **Kapp**: Bau der Dynamomaschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 3. — **Fr. Vogel**: Elektrotechnische Berechnungen (Widerstände, Leitungen, Maschinen), 2. — **Heyn**: Mechanische Technologie I, 2, II, 2, Übungen, 2; Zustandsänderungen der Metalle, 2 *g.* — **Hörmann**: Spezielle mechanische Technologie, 4; Werkzeugmaschinen, 2. — **Josse**: Übungen im Maschinenlaboratorium I, 1, Übungen, 4, II, 6, III, 10. — **Kammerer**: Entwerfen von Hebemaschinen, 4. — **Ludewig**: Wasserkraftmaschinen, 2; Entwerfen von Wasserkraftmaschinen und Dampfkesseln, Übungen, 4. — **Martens**: Materialienkunde mit Übungen in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt (Allgemeiner Teil, besonders das Materialprüfungswesen), 2, Übungen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 6, Übungen, 2, II, 4, Übungen, 2. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen 2, II, 4, Übungen, 2. — **v. Borries**: Eisenbahnmaschinenbau, Lokomotiven, Wagen, Allgemeines über Oberbau, 4, Übungen, 6; Eisenbahnbetrieb, Zugförderungsdienst, Allgemeines über Signalwesen und Sicherungsanlagen für die Abteilung für Maschineningenieurwesen, 2; Eisenbahnmaschinenwesen (Lokomotiven, Wagen und mechanische Anlagen) für die Abteilung für Bauingenieurwesen, 2. — **Franz**: Hochbau-Elemente für maschinentechnische Anlagen, 2, Übungen, 4; Bau-Anlagen für industrielle Maschinenbetriebe im Zusammenhange mit wirtschaftlichen Berechnungen und mit technischer Verwaltung, 2, Übungen, 4. — **Reichel**: Maschinenelemente, 4, Übungen, 8; Wasserkraftmaschinen, 2; Entwerfen von Wasserkraftmaschinen, 4. — **Riedler**: Einleitung in den Maschinenbau (zeichnerische Darstellung von Maschinen, Masszahlen, Aufnahmen, Skizzen, graphische Darstellungen, Elemente des Maschinenbaues und des Maschinenbetriebes), 2, Übungen, 6; Arbeitsmaschinen (Pumpen, Gebläse, Kompressoren), 2, Übungen, 4. — **Stumpf**: Dampfmaschinenbau, 4, Übungen, 8. — **Wehage**: Angewandte Mechanik, 4. — **Buhle**: Massentransport, 2; Maschinenkunde I: Abriss der Maschinenelemente, 2, Übungen, 3. — **Heinel**: Theorie, Konstruktion und Verwendung der Kälteerzeugungsmaschinen, 2. —

v. Buchka: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittelanalyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Erdmann**: Experimentalchemie I: Metalloide, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Herzfeld**: Landwirtschaftliche Gewerbe (Zucker, Bier, Branntwein u. s. w.), 2. — **v. Knorre**: Analytische Chemie (Quantitative Analyse), 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Allgemeine Elektrochemie und Anwendung der Elektrolyse in der chemischen Industrie, 4; Abriss der technischen Gasanalyse mit Übungen, 2. — **Liebermann**: Organische Chemie I: Die offenen Kohlenstoffketten, 5; Kolloquium über Themata aus der organischen Chemie, 1; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Traube**: Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **Arndt**: Ausgewählte Teile der physikalischen Chemie, 1. — **Dolezalek**: Theorie der galvanischen Elemente und Akkumulatoren, 1. — **Frölich**: Elektrotechnik für Chemiker II, 2. — **Witt**: Chemische Technologie II, 4; Farbstoffe, Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 2; Praktische Arbeiten im technischchemischen Laboratorium, tägl. — **Holde**: Untersuchung der pflanzlichen und tierischen Fette, Öle und Wachse, 2; Chemisch-technische Materialienkunde organischer Stoffe, 2. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Über Luftrecht. — **Miethe**: Spektralanalyse mit Übungen, 2; Allgemeine Photographie (Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Prozesse), 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Lichtpausübungen, 2- oder 4 wöchige Kurse. — **Junghahn**: Technologie der Proteïnstoffe: Albuminoide (Lederfabrikation, Leim, Gelatine u. s. w.), mit Exkursionen, 2. — **Kühling**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Voswinckel**: Terpene und Kampher, 1. — **Wolffenstein**: Tagesfragen aus dem Gebiet der organischen Chemie (Stereochemie, Molekulargewichtsbestimmungen, organische Elektrosynthesen, Enzymtheorie), 1. — **Simonis**: Organisch-chemische Arbeitsmethoden, 1. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4. — **Hamburger**: Potentialtheorie, 2; Funktionentheorie, 2; Gewöhnliche Differentialgleichungen, 2. — **Hauck**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Hertzer**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Theorie der Raumkurven und Flächen, 1. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Hessenberg**: Darstellende

Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Jolles**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **R. Müller**: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Steinitz**: Synthetische Geometrie I, 2, Übungen, 1, II, 2, Übungen, 1; Analytische Geometrie, 2, Übungen, 1. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Elektrizität und Wärme, 6; Repetitorium der Physik, 2; Theoretische Optik, 1 *g.*; Physikalisches Praktikum, 4. — **Gruner**: Mathematische Physik, 2; Theorie der einfachen Wechselströme, 1. —

Friedheim: Anorganische Experimentalchemie, 6; Qualitative und quantitative Analyse: Metalle, 2; Anwendung der Elektrolyse in der chemischen Technik, 1 *g*; Anorganisch-chemisches Praktikum (Halbpraktikum nur für qualitative Arbeiten), tägl. ausser Sonnabend; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3; Chemisches Seminar (mit v. Kostanecki), 2. — **v. Kostanecki**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 5; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Schaffer**: Praktikum im Laboratorium für Lebensmitteluntersuchung; Technologie der Nahrungsmittelgewerbe I, 2. — **Tambor**: Die Chemie der Alkaloide, 2; Repetitorium der Chemie der Fettkörper (für Chemiker und Mediziner), 1. — **Mai**: Anorganisch-chemische Arbeiten; Ionentheorie, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie für Chemiker, 1; Ausgewählte Kapitel aus der allgemeinen Chemie, 1; Stöchiometrische Übungen, 1. —

Graf: Kugelfunktionen mit Repetitorium, 4; Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Bernoullische Funktionen, 2; Bestimmte Integrale und Gammafunktionen, 2; Differentialgleichungen, 2; Differential- und Integralrechnung, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar (mit Moser), 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), 2. — **G. Huber**: Sphärische Astronomie, 2; Analytische Geometrie des Raumes und Theorie der Flächen 2. Grades, 2. — **Ott**: Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie II, 2. — **Benteli**: Darstellende Geometrie: Kurven und Strahlenflächen, 2, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1; Konstruktive Perspektive, 1; Rotationsflächen, 1. — **Moser**: Mathematische Grundlagen der Invaliditäts- und Altersversicherung, 1—2. — **Crelier**: Géometrie synthétique II, 2 *g.*; Géometrie du triangle, 2 *g.* —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5; Physikalisches Laboratorium für Anfänger (mit Hagenbach), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g.* — **Hagenbach**: Über Interferenz und Polarisation des Lichtes, 2. — **Pflüger**: Elektromagnetische Lichttheorie, 2. — **Bucherer**: Elektrodynamik, 2. —

Anschütz: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g.*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Partheil und Rimbach), tägl. — **Rimbach**: Spezielle anorganische Chemie (Metalle und seltenere Elemente), 2; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Übungen in der technischen Gasanalyse, 3 *g.*; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden (mit Löb), 3 *g.* — **Pauly**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Schroeter**: Aufbau und Abbau von Kohlenstoffverbindungen, 2. — **Partheil**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Ausmittelung der Gifte, 1 *g.*; Die alkoholischen Genussmittel, 1; Arzneimittelsynthesen, 1. — **Binz**: Chemische Technologie (anorganischer Teil), 2. — **Löb**: Physikalische Chemie II: Verwandtschaftslehre, Thermochemie, Elektrochemie, Photochemie, 2; Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden, 1; Physikalische Chemie für Mediziner, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie und Elektrochemie, tägl. *g.*; Thermochemische Übungen, *g.* —

Heffter: Analytische Mechanik, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g.* — **Lipschitz**: Integralrechnung II, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g.* — **Sommer**: Algebra, 2; Geometrische Anwendungen der Funktionentheorie, 2. — **Kortum**: Elliptische Funktionen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g.* — **Küstner**: Theorie der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Topographie des Sonnensystems, 1 *g.*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), tägl. — **Deichmüller**: Theorie der Ausgleichung der Beobachtungsfehler (Methode der kleinsten Quadrate), 1; Elemente der höheren Geodäsie, 2; Praktisch-astronomische Arbeiten, zweimal wöchentlich. — **Mönnichmeyer**: Geographische Ortsbestimmungen, 2. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Weber: Physikalisches Praktikum (mit Prümm); Experimentalphysik, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Mathematische Elektrizitätslehre, 2. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Cruse), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Cruse). — **Querfurth**: Theorie und Konstruktion der hydraulischen Motoren, 2; Berechnung und Bau der Dampfmaschinen, 3; Theorie und Konstruktion der Pumpen und Gebläse, 2; Grundzüge des Schiffbaues, 2; Maschinenkonstruieren III (mit Neugebohrn), 8. — **Friedmann**: Beschreibende Maschinenlehre, 3; Maschinenelemente, 4; Maschinenkonstruieren I (mit Wesemann), 9. — **Denecke**: Heizung und Lüftung, 2; Berechnung und Bau der Hebemaschinen, 3; Eisenbahnmaschinenbau, 3; Maschinenkonstruieren II, 4; Technische Mechanik I, 3, Übungen, 1, Repetition, 1. — **Preuss**: Maschinenzeichnen, 6. — **Schöttler**: Kinematik, 1; Angewandte Wärmemechanik, 3; Messungen an Maschinen (mit Schmidt); Technische Mechanik II, 4, Übungen, 1, Repetition, 1. — **Lüdicke**: Allgemeine mechanische Technologie, 2; Fabrikanlagen und Werkstatteinrichtungen, 2; Werkzeugmaschinen, 2; Entwerfen von Werkzeugmaschinen, 3; Spinnerei, 2; Weberei, 2; Technologische Übungen, 2. —

Meyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Arbeiten im Laboratorium für analytische und technische Chemie (mit Biehringer und Maier); Chemisches Kolloquium (mit Bodländer), 14tägig, 2 *g.* — **Biehringer**: Analytische Chemie, für technische Chemiker, 2; Stöchiometrische Rechnungen, 1; Chemisch-technische Rechnungen, 1. — **Bodländer**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Grundzüge der Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Eberlein). — **Reinke**: Chemische Technologie II: Stärke- und Gärungstechnik, 6; Technisch-chemische Analyse, 2; Untersuchungsmethoden auf dem Gebiete der Stärke- und Gärungstechnik, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und für Gärungs-, Stärke- und Zuckertechnik; Besprechungen aus dem Gebiete der chemischen Technologie II, *g.* —

R. Dedekind: Elemente der Zahlentheorie, 1; Theorie der Fourierschen Reihen, 2. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 3; Differential- und Integralrechnung I, 5, Übungen, 2; Differential- und Integralrechnung II, 2; Potentialtheorie, 2; Elementarmathematik, 1, Übungen, 1. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Perspektive und Schattenkonstruktionen, 2; Geometrie der Lage, 2. — **Wernicke**: Grundzüge der höheren Mathematik, für Architekten und technische Chemiker, 2, Übungen, 1; Statik starrer und elastisch-fester Körper, für Architekten, 3, Übungen, 1. — **Koppe**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung I mit Berechnungen, 2, Übungen, 4; Planzeichnen (mit Bohlan), 2. —

Universität Breslau.

O. E. Meyer: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus und Wärme, 4; Praktische Übungen im physikalischen Beobachten (mit Neumann), 3 oder 6 und tägl. — **Neumann**: Einleitung in die Potentialtheorie, 4, Übungen, 1 *g.* — **Riesenfeld**: Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*; Photographisches Praktikum, 2. —

Ladenburg: Organische Experimentalchemie, 5; Praktisch-chemische Übungen für Chemiker (mit Abegg), ganz- und halbtägig; Praktisch-chemische Kurse a) für Mediziner, 5, b) für Landwirte, 6; Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g.* — **Abegg**: Physikalische Chemie (Theorie der Lösungen, Phasenlehre, Thermochemie) mit mathematischen Ergänzungsstunden, 2; Elektrochemisches Praktikum, 3; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g.* — **Scholtz**: Chemie der Alkaloide, 2; Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Ahrens**: Technische Elektrochemie, 3; Technologie der Kohlenhydrate, mit Exkursionen, 2; Chemisch-technisches Praktikum nebst Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. ausser Sonnabend; Praktische Kurse in chemisch-technischen und gasanalytischen

Untersuchungsmethoden, Sonnabend; Die Apparatur der chemischen Technik, 1 *g*. — **Herz**: Analytische Chemie, 2; Gasanalyse und Titriermethoden, 1. —

Sturm: Zahlentheorie, 3; Geometrische Örter höheren Grades, 3; Geschichte der Mathematik, 1 *g*.; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Rosanes**: Einführung in die Theorie der Invarianten, 2; Differentialrechnung und Elemente der Integralrechnung, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*. — **London**: Einführung in die Theorie der Differentialgleichungen, 3; Die mathematischen Grundlagen des Versicherungswesens (Lebens-, Kranken-, Unfall-, Invalidenversicherung) unter Berücksichtigung der Arbeiterversicherung des Deutschen Reichs, 2. — **Franz**: Methode der kleinsten Quadrate, 1; Bahnberechnung der Planeten, Kometen, Meteore und Doppelsterne, 4, Übungen, 2 *g*.; Höhere Geodäsie, 3. —

Technische Hochschule Brünn.

Jaumann: Physik, 5, Übungen, 1. — **Tuma**: Physik für Kulturtechniker, 3; Physikalisches Praktikum, 3. — **Zickler**: Allgemeine Elektrotechnik, 5; Elektrotechnisches Praktikum II, 8. — **Hellmer**: Mechanik II: Dynamik und Hydraulik, 4, Übungen, 1; Analytische Mechanik, 3; Enzyklopädie der Mechanik, 4. — **Neumann**: Grundzüge der Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 4, Übungen, 1; Baumechanik I, 6, Übungen, $1^1/_2$. — **N. N.**: Bau elektrischer Maschinen und Apparate II, 3, Übungen, 6; Elektrische Arbeitsübertragung, 3. — **Schiel**: Allgemeine Maschinenkunde I, 4. — **Musil**: Maschinenbauelemente, 4, Konstruktionsübungen, 6; Maschinenlehre und Maschinenbau I, 5, Konstruktionsübungen, 6; Technisches Maschinenzeichnen, Übungen, 6. — **Wellner**: Maschinenlehre und Maschinenbau II, 7, Konstruktionsübungen, 14. —

Habermann: Anorganische Chemie, 6; Analytische Chemie II: Spezielle analytische Methoden, 2; Chemische Übungen I, 10, II, 20. — **Hönig**: Chemische Übungen III, 10; Agrikulturchemie, 3; Chemie der Tier- und Pflanzenstoffe, 3; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. — **Donath**: Chemische Technologie II, 6, III, $1^1/_2$; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie, 20. — **Weinreb**: Spezielle Färberei und Zeugdruckerei, 2, Übungen. — **Ulrich**: Chemische Technologie der Teerfarbstoffe I, 2, Praktikum. — **Frenzel**: Elektrochemie I: Theoretischer Teil, 3; Elektrochemisches Praktikum, 3. — **Haussner**: Mechanische Technologie I: Metalle und Holz, 5, II: Spezielle Technologie der Faserstoffe, 5; Bautechnologie, 5. —

Waelsch: Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 3, Übungen, 1; Mathematische Näherungsmethoden, 2; Elemente der kinematischen Geometrie, 1. — **Biermann**: Grundlehren der höheren Mathematik, 7, Übungen, 2; Mathematische Übungen, 2. — **Rupp**: Darstellende Geometrie, 6; Konstruktives Zeichnen, 8. — **Obenrauch**: Geschichte der Geometrie, 1. — **Niessl v. Mayendorf**: Niedere Geodäsie, 6; Situationszeichnen, 4 resp. $3^1/_2$; Sphärische Astronomie, 3. —

Universität Czernowitz.

Handl: Experimentalphysik, 5; Praktisch-physikalische Übungen, 6 *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik II, 5; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. —

Přibram: Allgemeine Chemie I, 5; Chemische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 15; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen für Fortgeschrittene, 15 *g*. —

Puchta: Differential- und Integralrechnung I: Differentialrechnung, 3; Elliptische Funktionen, 2; Seminar für Mathematik, 2 *g*; Proseminar für Mathematik, 2 *g*. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeissig und 4 Assistenten), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Kolloquium, 1. — **Zeissig**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Mess- und Instrumentenkunde, 2; Repetitorium der Experimentalphysik für Pharmazeuten, 1. — **Rudolphi**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen und Arbeiten. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente I, 2. — **Forch**: Meteorologie, 1. — **Klemm**: Einführung in die Photographie, 2; Photographisches Praktikum, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II, 4, Übungen, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium, 6 halbe Tage (mit Sengel, Wirtz und den Assistenten des elektrotechnischen Instituts); Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende; Elektrotechnisches Seminar. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2; Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrische Leitungsanlagen und Stromverteilungssysteme, 2, Übungen, 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Projektieren elektrischer Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2. — **Fehmer**: Elektrische Strassenbahnen, 1. — **Lincke**: Maschinenelemente, 3; Konstruktionsübungen zu Maschinenelementen, 9; Kinematik I, 2; Kinematik II, 1; Maschinenelemente und Kinematik, 1. — **Berndt**: Allgemeine Maschinenlehre, 3; Baumaschinenzeichnen, 3; Ausgewählte Abschnitte aus der Festigkeitslehre, 2; Gasmotoren, 2. — **Krauss**: Maschinenzeichnen, 1, Übungen, 3; Mechanische Technologie I und II, je 2; Werkzeugmaschinen, 2; Heizung und Lüftung, 2. — **Gutermuth**: Dampfmaschinen, 6, Konstruktionsübungen, 6. — **Pfarr**: Hebemaschinen, 2; Wasserkraftmaschinen, 4; Konstruktionsübungen zu Hebemaschinen, Wasserkraftmaschinen und Fabrikanlagen, 6; Wasserwerksbauten, 2. — **Beck**: Gewichts- und Kostenberechnungen der Maschinenfabrikation, 1. — **Forch**: Meteorologie, 1. —

Staedel: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum (mit Heyl, Kolb und Keppeler), tägl. ausser Sonnabend. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 4; Elektrochemisches Kolloquium, 1; Chemisches, chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Winteler), tägl. ausser Sonnabend; Grundzüge der Eisenhüttenkunde, 1. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 5; Kolloquium über organische Chemie, 1; Praktikum für organische Chemie, tägl. ausser Sonnabend. — **Kolb**: Analytische Chemie II, 2; Analytische Chemie der seltenen Elemente, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Heyl**: Anorganische Chemie, 2; Pharmazeutische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der pharmazeutischen Chemie, 1. — **Krauser**: Anleitung zu den mikroskopischen und bakteriologischen Untersuchungen von Nahrungs- und Genussmitteln (mit Weller), 4; Pharmakognosie, 3, Übungen, 2; Pharmazeutische Gesetzeskunde, 1; Mikroskopische Untersuchung vegetabilischer Nahrungs- und Genussmittel, 3. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 1; Geologische und chemisch-technische Vorarbeiten für die Trinkwasserversorgung (mit Steuer), Vortrag und Übungen, 2, Exkursionen. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genussmitteln und Gebrauchsgegenständen, 1, Übungen, 8. — **Vaubel**: Theoretische Chemie I, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1. — **Neumann**: Gasanalytische Methoden, 2; Die Nutzmetalle, 1. —

Gundelfinger: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 4; Elemente der höheren Algebra, mit Übungen, 1; Analytische Übungen, 1. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen, 2; Mechanik II, 6, Übungen, 3; Hydrodynamik, 1; Reine Kinematik, Vortrag und Übungen, 2. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 4. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 1, Übungen, 2; Höhere Mathematik II, 2, Übungen 1; Arbeiten im mathematischen Institut, 3. — **Scheffers**: Höhere Mathematik für Architekten, Chemiker und Geometer, 3, Übungen, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6. — **Fenner**: Trigonometrie, 3; Geodäsie, 4; Geodätische Übungen, 4; Planzeichnen, 4. — **Graefe**: Repetitorium der Elementarmathematik, 2, Übungen, 2; Höhere Mathematik für Architekten und Chemiker, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1; Geschichte der Mathematik, 1. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Toepler), I, 3, II, 6 oder 9; Praktikum für grössere physikalische Arbeiten, 20; Physikalisches Kolloquium, Referate über neue Arbeiten (mit Helm), 1 *g*. — **Toepler**: Physikalische Messkunde I, 1; Elektrische Entladungserscheinungen in Gasen (Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen, Lichtbogen u. s. w.), 1. — **Krone**: Theorie und Praxis der Photographie nebst Kolloquium über wissenschaftliche Photographie, 2; Lichtpausen, kürzerer Kursus, 2 *g*. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik I, 2; Elektrotechnische Messkunde, 2; Elek-

trische Starkstromanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 12, für Maschineningenieure und Chemiker, 4; Grössere elektrotechnische Spezialarbeiten, 30; Elektrotechnisches Kolloquium (mit Kübler), 2 *g*. — **Kübler**: Dynamomaschinen I, 2; Entwerfen von Dynamos, Starkstromapparaten und elektrischen Fahrzeugen, Übungen, 6; Elektrische Fahrzeuge, 2; Die Starkstromtechnik im Eisenbahnwesen und Werkstattsbetrieb II, 1. — **Ulbricht**: Telegraphie und Telephonie, 2 *g*. — **Fischer**: Allgemeine Maschinenlehre, 3; Eisenbahnmaschinenwesen, 3; Skizzieren für die Chemische Abteilung, 4, für die Mechanische Abteilung, 4. — **Grübler**: Technische Mechanik I, für Bau-, Maschinen- und Elektroingenieure, 2, III, 4, Übungen, 1. — **L. Lewicki**: Dampfmaschinen I, 4; Dampfkessel, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Maschinenbau: Lokomotiven, 2; Maschinenkonstruieren für Maschineningenieure, 10, für Elektroingenieure, 5; Arbeiten im Maschinenlaboratorium A (Dampf- und Wassermaschinen) mit Kolloquium (mit E. Lewicki), 3; Grössere Arbeiten im Maschinenlaboratorium A, 20. — **E. Lewicki**: Einführung in die Theorie und Konstruktion der Dampfturbinen, 2. — **Mollier**: Technische Thermodynamik, 4, Übungen, 1; Kinematik, 2, Übungen, 3; Übungen im Maschinenlaboratorium, 3; Grössere Arbeiten im Maschinenlaboratorium, 24. — **Ernst Müller**: Allgemeine mechanische Technologie II, 3; Technologisches Praktikum für die Faserstofftechnik, Übungen, 20; Spinnerei, 3; Die Wartung der Dampfkessel und Dampfmaschinen im Betriebe, 1 *g*. — **Scheit**: Untersuchung von Baumaterialien in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, 3. — **N. N.**: Maschinenelemente, 5; Maschinenkonstruieren, 10; Hebemaschinen, 2. —

Hempel: Metallurgie, 2; Chemische Grossindustrie, 2; Brennmaterialien, Theorie der rauchfreien Feuer, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum (Qualitative Analyse), 12; Anorganisch-chemisches Praktikum (Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse), ganztägig. — **v. Meyer**: Organische Chemie, 5; Kolloquium (freie Vorträge über wichtige Probleme der Chemie) (mit v. Walther), 1 *g*; Organisch-chemisches Praktikum, ganztägig und halbtägig. — **Möhlau**: Chemie der Textilindustrie: Gewinnung der Spinnfasern und ihre Veredelung durch Bleicherei, Färberei, Zeugdruck und Appretur, 3; Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe II, 2; Praktikum für Farbenchemie, halbtägig; Praktikum für Färbereitechnik, halbtägig; Praktikum für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie, ganztägig. — **Bucherer**: Einführung in das allgemeine Patentwesen, 1; Die organischen Heilmittel mit besonderer Berücksichtigung ihrer Synthese und Anwendung, 1 *g*. — **F. Förster**: Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie II, 3; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für grössere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig. — **Lottermoser**: Titriermethoden, 1. — **Erich Müller**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie, 1. — **Renk**: Nahrungsmittelchemie, 2; Wohnungshygiene, 1; Übgn. im Untersuchen von Nahrungs- und Genussmitteln, ganztägig; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, halbtägig. — **v. Walther**: Chemie der Zuckerarten, 2. —

Rohn: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 6; Kegelschnitte, 1; Ebene Kurven, 2. — **Fuhrmann**: Anwendungen der Differential- und Integralrechnung, 2; Vermessungslehre, 2; Geodätisches Zeichnen, 2. — **Helm**: Analytische Geometrie II, 3, Übungen, 1; Analytische Mechanik, 2; Übungen und Ergänzungen zur Mechanik für Vermessungsingenieure, 1; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, mit Übungen, 2. — **Krause**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1; Einleitung in die Theorie der unendlichen Prozesse, 3; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 1; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Naetsch**: Einleitung in die Theorie der ganzen Zahlen, 2. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 40; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Schmidt**: Theoretische Physik II: Elektrizität, Optik und Akustik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Wehnelt**: Physikalische Messmethoden und Messinstrumente, 2. —

Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Halbpraktikum im chemischen Laboratorium (mit Busch), 20; Vollpraktikum im chemischen Laboratorium (mit Busch), 40. — **Paal**: Chemie in ihrer Anwendung auf Pharmazie und Medizin (organischer Teil), 3; Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, 2; Chemisches Praktikum: a) Vollpraktikum, 44, b) Halbpraktikum, 24 oder 20; Praktischer Kurs für Studierende der Pharmazie, 20; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genussmittel: a) Vollpraktikum, 44, b) Halbpraktikum, 24 oder 20. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse, 3; Chemische Technologie der Gespinnstfasern, 1; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Kolloquium über neuere chemische Litteratur (mit Jordis und Gutbier), 1 *g*. — **Henrich**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Elektrochemisches Praktikum (Elektroanalyse, Darstellung von Präparaten, anorganisch und organisch) (mit Jordis), 5. — **Jordis**: Spezielle Chemie der Metalle, 1; Elektrochemie, 2. — **Gutbier**: Gasanalyse, mit Übungen, 2. —

Gordan: Analytische Geometrie, 4; Invarianten, 4; Übungen im Seminar, 3 *g*. — **Nöther**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Einführung in die Funktionentheorie, 4; Mathematische Übungen, *g*. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Koenigsberger**: Elektrische Wellen, 2; Prinzip der kleinsten Wirkung und seine physikalischen Anwendungen, 1. — **G. Meyer**: Elektrochemie, 2; Mechanische Wärmetheorie und deren Anwendung auf physikalische und chemische Probleme, 2; Elektroanalyse, 1; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 2; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten, tägl. —

Gattermann: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl. ausser Sonnabend; Chemisches Seminar, 14tägig, 2 *g*. — **Willgerodt**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 1; Anorganische Technologie, 2. — **Edinger**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2. — **Fromm**: Über qualitative Analyse, 1; Repetitorium der Chemie für Mediziner I, 2. — **Müller**: Qualitative Analyse, 2; Theoretische Chemie (organischer Teil), 1. — **Rupp**: Chemie der Teerfarbstoffe II, 1; Die Konstitution der anorganischen Verbindungen, 1 *g*. — **Meigen**: Über Gewichtsanalyse, 2. —

Lüroth: Analytische Mechanik, 4; Methode der kleinsten Quadrate, 2; Mathematisches Seminar. — **Stickelberger**: Analytische Geometrie der Ebene und Differentialrechnung, 5, Übungen, 2 *g*.; Theorie der analytischen Funktionen, 3. — **Loewy**: Theorie der Kurven und Flächen, 4; Versicherungsmathematik, 2. — **Rebmann**: Geschichte der Arithmetik, 2. —

Universität Giessen.

Drude: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum, 6; Praktikum für Vorgeschrittenere, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2. — **Fromme**: Elektrodynamik und elektromagnetische Lichttheorie, 4; Höhere Geodäsie und Ausgleichungsrechnung, 3. —

Naumann: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Untersuchung von Nahrungsmitteln und technischen Erzeugnissen (mit Eidmann), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Schröder**: Analytische Chemie II, 2. — **Eidmann**: Pharmazeutisch chemische Präparate II, 2; Einführung in die organische Chemie, 2; Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln auf Vergiftungen und Verfälschungen, 1. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Elektrochemie, experimentell und theoretisch, 2; Chemisches Kolloquium, 1½. — **Klappert**: Chemisches Repetitorium, 2. —

Pasch: Differentialrechnung und Elemente der Integralrechnung, 4; Einleitung in die Funktionentheorie, 2; Übungen über die Elemente der höheren Mathematik (Algebra, analytische Geometrie, Differential- und Integralrechnung), 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2. — **Netto**: Bestimmte Integrale und ihre Anwendungen, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 4; Übungen des mathematischen Se-

minars, 14tägig, 2. — **Wellstein**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 6; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik II, 3; Physikalisches Praktikum (mit Voigt, Simon, Kaufmann und Stark) 8; Ausgewählte Teile der Mechanik, 1 *g.*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, 40 *g.* — **Voigt**: Krystallphysik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Riecke, Simon, Kaufmann und Stark), 4; Ausgewählte Kapitel der Wärmelehre, 1 *g.*; Physikalische Beobachtungen für Vorgeschrittene, 40 *g.* — **Simon**: Elektrische Messmethoden und Messinstrumente, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Drahtlose Telegraphie und Telephonie etc., 1 *g.*; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Elektrizitätslehre, 48 *g.* — **Kaufmann**: Übungen in der Herstellung und Handhabung einfacher Demonstrationsapparate, 1; Physikalische Einheiten und Konstanten, 1. — **Abraham**: Grundlagen der theoretischen Physik, 4; Übungen zur Integralrechnung und elementaren Potentialtheorie, 2. — **Stark**: Die elektrischen Erscheinungen in der Erdatmosphäre, 1 *g.* — **Wiechert**: Höhere Geodäsie, 4; Polarlicht, 1 *g.*; Geophysikalisches Praktikum, *g.* — **Lorenz**: Praktikum im Maschinenlaboratorium, $3^1/_2$; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Mechanik, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, *g.* — **Nernst**: Theoretische Chemie, 3; Physiko-chemische Arbeiten und Übungen, tägl.; Neuere Atomistik, 1 *g.*; Physiko-chemisches Kolloquium, 1 *g.* — **Coehn**: Technische Elektrochemie (mit Übungen), 3. — **Bose**: Physikalische Methoden der Chemie (mit Demonstrationen), 2. —

Wallach: Anorganische Chemie I, 6; Chemisches Praktikum, 20—40; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittenere, 1 *g.* — **Tollens**: Technische Chemie für Landwirte (Zucker, Gärung, Phosphat), 3; Praktikum im agrikultur-chemischen Laboratorium, 30. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie (organischer Teil), 4; Untersuchung der Nahrungsmittel, 2; Chemisches Kolloquium für Pharmazeuten, 2 *g.* — **Fischer**: Chemische Technologie, 2; Chemisch-technologische Tagesfragen, 1 *g.* — **Kötz**: Celloidstoffe, Komplexe, Verbindungen, Katalyse, Neue Elemente, 1; Synthesen organischer Verbindungen, 2; Farbstoffe, 1; Chemische Tagesfragen, 1. — **Manchot**: Ungesättigte Verbindungen, 1; Benzolderivate, 2; Monographie des Sauerstoffes, 1 *g.* —

Klein: Enzyklopädie der Mathematik, 4; Seminar (mit Bohlmann), 2 *g.* — **Hilbert**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Mechanik der Kontinua, 4; Funktionentheoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g.* — **Schwarzschild**: Mechanik des Himmels, 3, Übungen, 2 *g*; Astronomisches Kolloquium, 1 *g.* — **Minkowski**: Algebra, 3; Analysis situs, 2; Seminar. Funktionentheoretische Übungen, 2 *g.* — **Brendel**: Einleitung in die theoretische Astronomie, 3; Gauss' Leben und Wirken, 1 *g.* — **Schilling**: Analytische Theorie der krummen Linien und Flächen, 4; Graphische Übungen zur Theorie der krummen Linien und Flächen, 2 *g.* — **Bohlmann**: Wahrscheinlichkeitsrechnungen, 2; Theorie des Risikos, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g.*; Mathematische Übungen im Versicherungsseminar, 2 *g.* — **Ambronn**: Sphärische Astronomie, 3; Praktische Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, tägl. — **Zermelo**: Funktionentheorie, 4; Übungen zur Integralrechnung und elementaren Potentialtheorie, 2. — **Blumenthal**: Abelsche Funktionen, 2; Einleitung in die höhere Mathematik für Naturwissenschaftler (mit Übungen), 3. —

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik, 5; Physikalische Übgn., 12; Darstellung physikalischer Ergebnisse, 1 *g.* —. **Wassmuth**: Thermodynamik mit besonderer Berücksichtigung der Thermochemie, 4; Wärmeleitung, 1; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 3 *g.* — **Streintz**: Wärmelehre: Thermodynamik und Thermochemie, 3. —

Skraup: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie: Chemie für Mediziner, Philosophen und Pharmazeuten, 5; Chemisches Konversatorium für Vorgeschrittene, 1 *g*; Chemische Übungen für Anfänger, 15; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Übungen für Vorgeschrittene, 20. — **Schrötter**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer und organischer Teil, 4; Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. —

Frischauf: Algebraische Analysis, 3; Analytische Geometrie, 2. — **Dantscher v. Kollesberg**: Analytische und projektivische Geometrie der Ebene, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g.* — **Streissler**: Centrale Projektion, 3. — **Hillebrand**: Mechanik des Himmels, 5. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Elemente der mechanischen Wärmetheorie, Elektrizität, Optik, 5; Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Übungen: Praktische Messungen, 8. — **Streintz**: Wärmelehre: Thermodynamik und Thermochemie, 3. — **Bartl**: Theoretische Maschinenlehre II a, $2^1/_2$, II b, $3^1/_2$; Allgemeine Maschinenkunde I, 4. — **N. N.**: Maschinenbau I a, 3, Übungen, 10, I b: Lasthebemaschinen, 3, Übungen, $10^1/_2$, II b: Dampfkessel und Dampfmaschinen, 4, Übungen, 15. —

Emich: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse, 1; Unterricht und Übungen in der qualitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 18; Chemische Technologie der organischen Stoffe: Chemische Fabriksindustrie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der organisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, für Vorgeschrittene. — **Benj. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1; Unterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Analyse im Laboratorium, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe: Chemische Fabriksindustrie der anorganischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der anorganisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, für Vorgeschrittene; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. — **v. Hemmelmayr**: Über ausgewählte Kapitel zyklischer Verbindungen, 2. — **Friedr. Reinitzer**: Alkoholismus, 1. —

Hočevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik I, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüssler**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Theorie der Kegelschnitte, 3; Seminarübungen aus darstellender Geometrie, 2. — **Wittenbauer**: Theoretische Maschinenlehre I, 2; Allgemeine Mechanik (einschliesslich der Elemente der graphischen Statik) I, 4, Übungen, 1; Enzyklopädie der Mechanik, 4; Technische Mechanik I: Theorie der Elastizität, 4. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie I: Elemente der niederen Geodäsie, 4; Höhere Geodäsie, 4; Praktische Messübungen a) Niedere Geodäsie (Zimmerübungen), b) Höhere Geodäsie (Übungen in der Anwendung der Ausgleichungsrechnung). —

Universität Greifswald.

König: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 4; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl. *g.*; Elementar-mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g.*; Besprechungen über neuere physikalische Arbeiten (mit Mie), 2 *g.* — **Mie**: Theoretische Optik, 4, Übungen, 1 *g.*; Kleines physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 3. — **Holtz**: Apparate der Mechanik und Elektrostatik unter Mitbenutzung einfachster Mittel, experimentell, 1; Physik der Atmosphäre mit Einschluss der optischen und elektrischen Phänomene, mit Experimenten, 1; Physik der Gestirne bei zeitweiser Beobachtung derselben, gemeinfasslich, mit Experimenten, 2 *g.* — **Schreber**: Technische Thermodynamik, 2; Der osmotische Druck und seine Anwendung zur Molekelgewichtsbestimmung, 1. —

Auwers: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, halbtägig, tägl.; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 5 *g.* — **N. N.**: Pharmazeutische Chemie I, 3; Ausmittelung der Gifte und andere gerichtlich-chemische Untersuchungen, 2; Pharmazeutisches Kolloquium, 2 *g.* — **Semmler**: Ätherische Öle, 1; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1 *g.* — **Posner**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2; Chemische Technologie I: Anorganische Stoffe, 2. —

Thomé: Algebra, 4; Theorie der ebenen algebraischen Kurven, 2 *g.*; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Study**: Mechanik II, 4; Nichteuklidische Geometrie, 1 *g*; Mathematisches

Seminar, 2 *g.* — **Kowalewski**: Einleitung in die analytische Geometrie (für Studierende der Mathematik und der Naturwissenschaften), 2; Theorie der kontinuierlichen Transformationsgruppen, 2; Über Fouriersche Reihen (mit Anwendungen auf mathematische Physik), 2 *g.* —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6; b) Arbeiten von Geübten, tägl.; Undulationstheorie des Lichtes, 2 *g.* — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Elektrotechnik, 2 *g.* —

Volhard: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit Doebner und Vorländer), tägl. ausser Sonnabend; Übungen im Experimentalvortrag, 1 *g.* — **Doebner**: Organische Chemie II, 4; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, für Studierende der Medizin, 4; Über Alkaloide, 1 *g.* — **Vorländer**: Besprechung neuerer chemischer Arbeiten, 1 *g.* — **Baumert**: Chemie der Dünge- und Futtermittel, 2; Praktische Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl. ausser Sonnabend. — **Roloff**: Elektrochemie, Theorie und Anwendungen in der Technik, 2. — **Köthner**: Stöchiometrie, 1. — **Erdmann**: Technische Chemie der organischen Farbstoffe und ätherischen Öle, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. ausser Sonnabend; Praktikum zur Einführung in die Farbenindustrie, 6. —

Cantor: Höhere Geometrie, 4; Zahlentheorie, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g.* — **Wangerin**: Integralrechnung mit Übungen, 5; Variationsrechnung, 2; Hydrodynamik, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g.* — **Eberhard**: Elemente der Funktionentheorie, 4, Übungen, 1 *g.* — **Grassmann**: Analytische Geometrie des Raumes, 2; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 1 *g.* — **Buchholz**: Die Grundlehren der theoretischen Astronomie (Mechanik des Himmels), 2. —

Technische Hochschule Hannover.

Dieterici: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Akustik, Optik, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Precht), 4. — **Precht**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoret. Elektrotechnik, 4; Entwerfen von Dynamomaschinen u. Transformatoren (mit Winkelmann), Übungen, 2; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Beckmann, Winkelmann und Schüppel), 8, II, für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen I (mit Winkelmann), 3, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Elektrische Kraftübertragung, für Maschineningenieure, 2; Grundzüge der technischen Elektrolyse, 2; Elektrolytische Übungen, 4. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Messkunde II, 2. — **Thiermann**: Das Schwingungsgalvanometer, 1. — **Franke**: Elektrotechnisches Kolloquium, 14 tgg., 2 *g*; Elektrische Krattübertragung, 2. — **Fischer**: Allgemeine mechanische Technologie (mit v. Roessler), 4; Spezielle Technologie I, einschliesslich Werkzeugmaschinenkunde (mit v. Roessler), 4, Übungen, 2. — **Riehn**: Bau- und Theorie der Kraftmaschinen (mit Diedrich und Mees), 6, Übungen, 8; Übungen im Entwerfen von Kraft- und Hebemaschinen (mit Diedrich und Mees), 4; Schiffbau, 3, Übgn., 4. — **Frank**: Maschinenorgane (mit Ryssel, Wegener und Pilgram), 5, Übungen, 7; Eisenbahnmaschinenbau (mit Ryssel und Pilgram), 3, Übungen, 3. — **Frese**: Ingenieurlaboratorium I (mit Mestwerdt, Aschof, Ziegler und Schürmann), 1, Übungen, 4, II, 1, Übungen, 4; Theoretische Maschinenlehre (mit Aschof), 4. — **Troske**: Grundzüge des Maschinenbaues (mit Burkowitz), 3, Übungen, 4; Regulatoren der Kraftmaschinen (mit Burkowitz), 2; Fabrikanlagen und Eisenbahnwerkstätten (mit Burkowitz), 2. — **Klein**: Allgemeine Maschinenlehre I (mit Burkowitz und Schmidt), 4; Grundzüge der Maschinenlehre (mit Burkowitz), 3; Hebezeuge und Pumpen (mit Burkowitz und Schmidt), 2. — **Prandtl**: Mechanik I, 3, Übungen, 1, II, 4, Übungen, 1; Statik der Baukonstruktionen, 3, Übungen, 1. — **Mestwerdt**: Heizung, Lüftung und Beleuchtung geschlossener Räume, 3. — **v. Roessler**: Maschinenzeichnen (mit Aschof, Burkowitz und Wegener), 4; Bautechnologie, 3; Spezielle Technologie II, 2; Fabrikationszweige der Textilindustrie, 3; Technologisches Praktikum: Textilindustrie, 3. —

Seubert: Anorganische Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Jänecke und Klapproth), tägl. ausser Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 2. — **Behrend**: Organische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Keiser), tägl. ausser Sonnabend. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, für Nichtfachchemiker, 3; Chemische Technologie I, für Chemiker, 4, Übungen, 2; Übungen in der Elektroanalyse (mit Koech), 6; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Koech), tägl. ausser Sonnabend. — **Laves**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie I, mit Demonstrationen, 2 *g.* —

Kiepert: Differential- und Integralrechnung I, 5, Übgn., 1, Repetition, 1; Geometrie der Lage, 3; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, mit Übungen, 3. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1; Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 3, Übungen. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Peters, Fresenius und Weber), 3, Übungen, 6; Darstellende Geometrie II (mit Peters, Fresenius und Weber), 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3; Übungen in der Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1. — **Reinhertz**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), 2; Geodäsie I (mit Petzold), 4, Übungen, 2, II, 2, Übungen; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Heidelberg.

Quincke: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend; Physikalisches Praktikum, 4. — **Pockels**: Wärmetheorie, 3, Übungen, 1; Kinetische Gastheorie, 1. — **Weber**: Die physikalischen Messmethoden, 2; Wissenschaftlich-photographische Übungen, 2. —

Curtius: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 6; Praktische Übungen und Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen im akademischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Brühl**: Organische Chemie, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, 4—12. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe, 2. — **Bredig**: Chemische Gleichgewichtslehre, 2; Einführung in die physikalische Chemie für Chemiker, Pharmazeuten und Mediziner, 1. — **Krafft**: Organische Chemie, 3; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratium, tägl. ausser Sonnabend. — **Dittrich**: Einführung in das chemische Praktikum und qualitative Analyse, 2; Chemisches Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, a) ganz, tägig, b) halbtägig (für Anfänger und Mediziner); Ferienkurse: a) Chemisches Praktikum, ganztägig, vierwöchentlich, b) Praktikum der Chemie für Mediziner, dreiwöchentlich. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie II: Organischer Teil, 3; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Klages**: Hydroaromatische Verbindungen (einschliesslich der Kampher und Terpene), 1. — **Mohr**: Stereochemie, 1. —

Koenigsberger: Höhere Algebra: Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Elemente der Theorie der Differentialgleichungen, 2; Variationsrechnung, 1; Elemente der Zahlentheorie, 1; Mathematisches Unter- und Oberseminar, 2. — **Cantor**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Politische Arithmetik, 2. — **Eisenlohr**: Theoretische Optik, 4; Differential- und Integralrechnung, 5; Über das Potential, 2. — **Koehler**: Synthetische Geometrie des Raumes, 3. — **Landsberg**: Darstellende Geometrie (mit Übungen), 4; Funktionentheorie, 3. — **Boehm**: Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 1; Vektoranalysis (mit Anwendungen auf Geometrie und Physik), 1; Lektüre und Besprechung der Abhandlung über Dynamik von d'Alembert (Ostw. Klass. Nr. 106), 1. — **Valentiner**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Stellarastronomie, 1. — **Wolf**: Theorie und Geschichte der

Spektralanalyse, 2 *g.*; Praktische Übungen auf dem Observatorium, *g.* —

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum: a) für Physiker, 6, b) für Chemiker, 4; Physikalische Spezialuntersuchungen, tägl; Repetitorium der Physik für Mediziner und Pharmazeuten, 1 *g.* — **Abbe:** Wird nicht lesen. — **Auerbach:** Einleitung in die theoretische Physik, 3; Mechanische Wärmetheorie, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Musik, 1. — **Straubel:** Krystallphysik, 2. — **Rau:** Technische Mechanik I, einschliesslich graphische Statik, Elastizität und Festigkeit, 4, Übungen, *g.* —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Wolff), tägl., für Mediziner, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Duden und Rabe), tägl., *g.* — **Wolff:** Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Duden:** Fortschritte der anorganischen Chemie, 2. — **Immendorff:** Anorganische und organische Chemie für Landwirte, 5; Agrikulturchemisches Seminar, 14tägig, $1^1/_2$ *g.*; Grosses und kleines chemisches Praktikum für Landwirte (mit Lemmermann). — **Vongerichten:** Die Anwendung der Chemie in der Industrie, 2; Praktische Kurse: a) Darstellung und Prüfung der Farbstoffe, b) Bearbeitung spezieller technischer Aufgaben. — **Gaenge:** Gerichtliche Chemie, 1; Praktische Übungen in der Verwendung optischer Instrumente zu chemischen Untersuchungen, 2; Arzneimittellehre für Studierende der Zahnheilkunde, 2. — **Matthes:** Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, Vollpraktikum, tägl. ausser Sonnabend; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 1; Darstellung und Untersuchung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, Halbpraktikum für Pharmazeuten, tägl. ausser Sonnabend; Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 2. —

Thomae: Anwendung der Infinitesimalrechnung auf Geometrie, 4; Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Gutzmer:** Analytische Geometrie des Raumes, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Seminar (Mechanik), 1 *g.* — **Frege:** Differential- und Integralrechnung mit Übungen II, 5. — **Knopf:** Bestimmung der Bahnen der Himmelskörper, 3; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 1. —

Universität Innsbruck.

Exner: Mathematische Physik: Magnetismus, Elektrizität, Thermodynamik, 5; Seminar für mathematische Physik, 1 *g.* — **Czermak:** Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g.*, für Vorgeschrittene, tägl. *g.* — **Radaković:** Elastizität und Festigkeit, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Anfänger, 6. — **Tollinger:** Instrumente und Beobachtungsmethoden der meteorologischen Beobachtungsstationen, 2. — **Hammerl:** Elektrische Energieverteilung: Licht und Kraft, 2. — **Trabert:** Einleitung in die Meteorologie, 2; Die Wärmeverhältnisse der Erde und ihre Veränderungen (mit höherer Rechnung), 2; Die Bewegungserscheinungen der Atmosphäre, insbesondere die Stürme, 1. —

Senhofer: Allgemeine Chemie für Lehramtskandidaten und Mediziner I: Anorganische Chemie, 5; Methoden der analytischen Chemie, 2 *g.*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Praktische Anleitung zu analytisch-chemischen Untersuchungen für Mediziner, zweimal halbtägig, *g.* — **Hopfgartner:** Chemie einiger wichtiger Metalle, 1. — **Zehenter:** Chemische Technologie (anorganische Stoffe), 2. —

Otto Stolz: Theorie der Doppelintegrale, 2; Elemente der Variationsrechnung, 1; Übungen zu beiden, 1; Theorie der Funktionen von komplexen Veränderlichen nach Cauchy und Weierstrass, mit Übungen, 3. — **Wirtinger:** Höhere Algebra, 3; Abelsche Funktionen, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Zindler:** Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 5; Mathematisches Seminar, 1 *g.* — **v. Oppolzer:** Astrometrische und astrophysikalische Übungen, 4; Mechanik eines starren Systems, 1. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4; Physikalisches Seminar (mit Sieveking), 1; Physikalisches Repetitorium (mit Sieveking), 1; Physikalisches Laboratorium, 6; Molekularphysik, 1. — **Arnold:** Gleichstromtechnik, 2; Wechselstromtechnik, 4; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher und Teichmüller), 6, II, 8. — **Meidinger:** Heizung und Ventilation der Wohnräume, mit Exkursionen, 2; Dynamomaschinen mit Rücksicht auf ihre Verwendung, 1. — **Schleiermacher:** Grundlagen der Elektrotechnik und Messkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elementarmechanik, 2. — **Teichmüller:** Elektrotechnische Messungen (magnetische Messungen, Messungen an Leitungen, Elektrizitätszähler), 2; Elektrische Leitungen, 2; Entwerfen von Leitungsanlagen, Übungen, 2. — **Bragstad:** Elektrische Bahnen, 2. — **Seltsam:** Telegraphie und Fernsprechwesen, 2. — **Benoit:** Pumpen und Gebläse, 2; Eisenbahnmaschinenwesen, 3; Entwerfen von Hebemaschinen, für Studierende des Maschinenwesens, 6, der Elektrotechnik, 3; Entwerfen von Hebemaschinen, Pumpen etc., für Studierende des Maschinenwesens, 6, der Elektrotechnik, 3; Maschinenzeichnen, Übungen, 2. — **Brauer:** Theoretische Maschinenlehre: Theorie der Turbinen, Mechanische Wärmetheorie, Getriebelehre, 6, Übungen, 3; Festigkeitslehre, 2; Untersuchungen an Dampfmaschinen, Dampfkesseln, Gaskraftmaschinen, Wasserkraftmaschinen und Arbeitsmaschinen. Materialprüfungen auf Elastizität und Festigkeit. Hydraulische Versuche, 3. — **Grassmann:** Dampfmaschinen und Kessel I, 2, II, 2; Entwerfen von Dampfmaschinen und Kesseln, 6. — **Keller:** Maschinenelemente, 4; Maschinenkonstruktionen (Triebwerke etc.) für Studierende des Maschinenwesens, 8, der Elektrotechnik, 6, des Ingenieurwesens (Triebwerke, Hebezeuge etc.), 4; Bau der hydraulischen Motoren (Konstruktionsdetails für Wasserkraftanlagen und -Maschinen), 2. — **Lindner:** Maschinenkunde, 3; Maschinenfabrikation, 2; Mechanische Technologie, 2; Technisches Zeichnen für Chemiker, Übungen, 2; Technologische Exkursionen. — **Bergmann:** Doppelte Buchführung für technische Anlagen, 1. —

Bunte: Chemische Technologie I: Gärungsgewerbe, Zuckerfabrikation, Brennerei, Brauerei etc., 2, II: Wasser, Beleuchtungstechnik, 2; Metallurgie, 1; Industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Übungen in der technischen Analyse für Vorgerücktere, tägl.; Technologische Exkursionen. — **Engler:** Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Le Blanc:** Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 2; Physikalische Chemie I: Stöchiometrie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Dieckhoff:** Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Analytische Chemie, 1. — **Eitner:** Methoden der technischen Analyse, 2. — **Haber:** Chemische Technologie der Faserstoffe I: Faserstoffe, Teerfarbenfabrikation, 2; Chemie der Gase, 2; Gaschemische Übungen (mit Bunte), 2; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie vom Standpunkte der physikalischen Chemie, 2. — **Kast:** Industrie der Fette und Harze einschliesslich Petroleumindustrie, 2. — **Rupp:** Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, Übungen, 2. — **Scholl:** Chemie der Benzolderivate I und II, 2. — **Wöhler:** Analytische Chemie II, 2. —

Haussner: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 2, Übungen, 1; Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1. — **Heun:** Theoretische Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Behandlung von Problemen der theoretischen Mechanik, 2. — **N. N.:** Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Schur:** Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Wedekind:** Höhere Mathematik II, 3. — **Disteli:** Projektionslehre mit Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik mit Übungen, 1. — **Haid:** Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, für Ingenieure, Forststudierende und Geometer, 2, III, für Geometer, 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. —

Universität Kiel.

Weber: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Physikalische Masseinheiten, 1 *g.*; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. ausser Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2. — **Lenard:** Experimentalphysik:

Allgemeine Physik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum für Anfänger, zugleich für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten, 7; Physikalische Untersuchungen Fortgeschrittener, tägl. ausser Sonnabend; Besprechung physikalischer Fragen, 1 *g.* —

Claisen: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum I, in der anorganischen Abteilung (mit Biltz) a) halbtägig, b) ganztägig, tägl. ausser Sonnabend, II, in der organischen Abteilung, nur ganztägig, tägl. — **Rügheimer:** Über die Alkaloide und deren Ermittelung bei Vergiftungsfällen, 1; Über pharmazeutisch wichtige Alkaloide, zur Ergänzung der vorhergehenden Vorlesung, 14tägig, 1 *g.*; Über chemische Dynamik, 2. — **Biltz:** Chemie der Metalle (Fortsetzung des Kollegs über anorganische Experimentalchemie), 3; Physikalische Chemie der Aggregatzustände, 2. — **Emmerling:** Agrikulturchemie (praktischer Teil), 1 *g.* — **Berend:** Über die Synthesen der organischen Chemie, 2. — **Stoehr:** Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feist:** Chemie der Benzolderivate, 2; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie (4. Serie), 14tägig, *g.* —

Pochhammer: Elemente der Zahlentheorie, 3; Einleitung in die Funktionentheorie, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g.* — **Harzer:** Mechanik des Himmels (Schluss), 3; Übungen im numerischen Rechnen, 1 *g*; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g.* — **Stäckel:** Integralrechnung, 3; Differentialgeometrie krummer Flächen, 3; Natürliche Geometrie der Kurven, 1 *g.*; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g.* — **Kreutz:** Theorie der speziellen Störungen, 2; Astronomische Übungen, 1 *g.* — **Weinnoldt:** Darstellende Geometrie, Parallelprojektion und Perspektive, 4. —

Universität Königsberg.

Pape: Experimentalphysik II: Elektrizität und Magnetismus, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum; Dioptrik, 1 *g.* — **Volkmann:** Theorie der Wärme, 4; Physikalisch-praktische Übungen, für Anfänger und Vorgerückte, 6; Physikalisch-theoretische Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 1 *g.* — **Cohn:** Potentialtheorie, 3; Ausgewählte Kapitel der Geodäsie, 2 *g.* —

Lossen: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, tägl.; Kleines chemisches Praktikum; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1 *g.* — **Klinger:** Anorganische Chemie, 4; Darstellung und Prüfung offizineller Arzneimittel, 2; Übungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend; Besprechung neuerer chemischer Arbeiten (mit Kippenberger), 1 *g.* — **Stutzer:** Die Chemie der tierischen Ernährung, 4; Grosses chemisches Praktikum, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 10; Seminaristische Übungen aus dem Gebiete der Agrikulturchemie, *g.* — **Blochmann:** Technische Chemie I: Metallurgie, 2; Über die für analytische Untersuchungen, sowie für die chemisch-technischen Betriebe bestehenden Vereinbarungen und gesetzlichen Bestimmungen, 1 *g.* — **Kippenberger:** Ausgewählte Kapitel der Chemie, 2; Technik der elektrochemischen Betriebsanlagen, 1 *g.* — **Löwenherz:** Einleitung in die organische Chemie, 1; Die Grundlehren der physikalischen Chemie für Mediziner und Chemiker, 1 *g*; Repetitorium der Physik für Mediziner und Chemiker, 1 *g.* —

Struve: Einleitung in die Himmelsmechanik, 3; Störungstheorie für Fortgeschrittene, *g.*; Übungen im Beobachten und Rechnen, zweimal, *g.* — **Meyer:** Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g.*; Anwendungen der Differentialrechnung auf Geometrie (Differentialgeometrie), 4, Übungen, 1 *g.* — **Schoenflies:** Anwendungen der elliptischen Funktionen auf Geometrie, Mechanik und mathematische Physik, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g.* — **Saalschütz:** Einleitung in die algebraische Analysis, 4, Übungen, 1 *g.*; Theorie der Fourierschen Reihen, 2 *g.* — **Vahlen:** Invariantentheorie, 3; Theorie der geometrischen Konstruktionen (Schluss), 1 *g.* —

Universität Lausanne.

Henri Dufour: Experimentalphysik: Wärmelehre, Akustik, geometr. Optik, 5; Landwirtschaftliche Meteorologie, 2 *g.*; Praktische Arbeiten im Laboratorium für Anfänger, 1 Nachmittag; Ausgewählte Kapitel der Physik, 3. — **Mayor:** Mechanik, 5, Übungen, 1; Mathematische Physik, 2; Graphische Statik I, 2. — **Palaz:** Elektrotechnik I: Theoretischer Teil, 3, II: Verteilung der elektrischen Energie, 3, Übungen; Elektrische Installationen, 2; Elektromechanische Konstruktionen, 2; Arbeiten im Laboratorium für Elektrotechniker. — **Gaillard:** Elektromechanische Konstruktionen, 2. — **Mercanton:** Ausgewählte Kapitel der theoretischen und experimentellen Physik, 1; Elektrische Messungen I, 1, III, 1. — **Bonard:** Die Physik der krystallisierten Materie, 1. — **P. Dutoit:** Physikalische Chemie, 2, Übungen, 4; Theoretische Elektrochemie, 2; Angewandte Elektrochemie, 2; Arbeiten im Laboratorium, tägl. — **Reiss:** Theoretische Photographie und Praktikum, 2. —

Brunner: Anorganische Chemie, 5; Toxikologie, 1; Aromatische Reihe (Fortsetzung), 1 *g.*; Arbeiten im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend; Pharmazeutische Chemie, 2. — **Chuard:** Volumetrische Analyse, 1; Ausgewählte Kapitel der landwirtschaftlichen Chemie, 2; Spezielle Chemie (Einführung in die technische Chemie), 2. — **Brélaz:** Technische Analyse, 1; Technische Chemie II: Spezieller Kurs, 2. — **Pelet:** Technische Chemie, Herstellung der chemischen Produkte I, 2; Die Farbstoffe I, 2; Parfümerien und synthetische Arzneimittel, 2; Laboratorium der industriellen Chemie, 4 Nachmittage. — **Bourget:** Physiologische Chemie mit Übungen, 1 Nachmittag. —

Amstein: Differential- und Integralrechnung I, 6, Übungen, 2, II, 2, Übungen, 2; Funktionentheorie, 3; Elemente der Differential- und Integralrechnung (für die Studierenden der Physik und Naturwissenschaften), 3. — **Joly:** Beschreibende Geometrie I, 5, Übungen, 1 Nachmittag; Analytische Geometrie, 2; Geometrie der Lage, 2; Flächenkurven, 2. — **Maillard:** Astronomie: Sphärische Trigonometrie, sphärische Astronomie etc., 3; Mathematische Entwicklung der Elemente der himmlischen Mechanik, 1. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Licht, Magnetismus, Elektrizität, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum, 9; Physikalisches Kolloquium, 2 *g.* — **v. Oettingen:** Meteorologie, 1 *g.* —

Wislicenus: Organische Experimentalchemie, 5; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Metalle, 1½ *g*; Chemisches Vollpraktikum, für Analytiker, tägl., für Vorgerücktere (mit Stobbe und Rassow), tägl.; Chemisches Halbpraktikum, tägl. ausser Sonnabend. — **Ostwald:** Elemente der allgemeinen und physikalischen Chemie, 3; Chemisches Praktikum, tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl.; Besprechung wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g.* — **Beckmann:** Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Besprechung pharmazeutisch-chemischer Präparate (organischer Teil), 2 *g.*; Chemisches Praktikum, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Pharmazeutisch-toxikologisches Praktikum, halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner. — **Stobbe:** Organische Experimentalchemie III: Die heterozyklischen Verbindungen, 2; Chemie der Kohlenstoffringe (Verbindungen mit kondensierten Benzolkernen, Polymethylene und hydroaromatische Substanzen), 1. — **Wagner:** Einführung in die Analyse, 1; Chemisches Praktikum für Lehrer (Analyse und Schulversuche), tägl. — **Rassow:** Chemische Technologie, organische Betriebe (Cellulose, landwirtschaftliche Gewerbe, Fette, natürliche Farbstoffe), mit Exkursionen, 2; Chemische Technologie der Teerfarbstoffe, 2. — **Luther:** Besprechung neuerer Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie, 2, Seminar, 1 *g.* — **Bodenstein:** Angewandte Elektrochemie, 2. — **Henze:** Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Reinisch:** Lötrohrübungen (qualitativ), 2. — **Rothmund:** Wird später ankündigen. —

Neumann: Differential- und Integralrechnung, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Bruns:** Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kollektivmasslehre, 4; Mechanik des Himmels, 2; Praktische Übungen in der Sternwarte (mit Peter), *g.* — **Mayer:** Variationsrechnung, 4. — **Hölder:** Elliptische Funktionen, 4; Partielle Differentialgleichungen, 2; Mathematisches Seminar, 1 *g.* — **Engel:** Determinanten und algebraische Gleichungen, 4, Übungen, 1 *g.*; Theorie der Transformationsgruppen (Fortsetzung), 2, Übungen, 1 *g.* — **Peter:** Astronomische Ortsbestimmungen, 1; Übungen im Berechnen von Ephemeriden und Bahnen, 1. — **Hausdorff:** Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1 *g.* — **Liebmann:** Analytische Geometrie des Raumes, 2; Theorie der bestimmten Integrale, 2; Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 1 *g.* —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Lehre von der Wärme, dem Magnetismus und der Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum (mit Feussner), 6; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Feussner), 2 *g.* — **Feussner**: Die Lehre von der Wärme, besonders mechanische Wärmetheorie, 4. —

Zincke: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie für Chemiker und Mediziner, 5; Repetitorium über anorganische Chemie für Mediziner, 1; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Schenck), tägl.; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Schenck), 4. — **E. Schmidt**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Über Prüfung der Arzneimittel, 1; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genussmittel, tägl. — **Schaum**: Physikalische Chemie, 3; Mathematische Ergänzungen zur physikalischen Chemie, 1 *g.*; Interferenz und Polarisation, 1. — **Fittica**: Analytische Chemie, 4; Ältere Geschichte der Chemie, 1. — **N. N.**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2; Ausmittelung der Gifte, 1 *g.* — **Schenck**: Spezielle anorganische Chemie, 3; Elektrochemisches Praktikum, 3. — **Reissert**: Chemie der Benzolderivate, 2. —

Schottky: Algebraische Analysis, 3; Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Hess**: Integralrechnung, 5; Sphärische Trigonometrie und deren Anwendungen, 2; Übungen des mathematischen Seminars: a) für Anfänger, $1^1/_2$, b) für Vorgeschrittene, $1^1/_2$. — **v. Dalwigk**: Analytische Geometrie des Raumes (besonders Flächen zweiten Grades), 4; Analytische und graphische Statik mit Übungen, 2; Höhere Kapitel aus der analytischen Geometrie, 1 *g.* — **Jung**: Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung im Anschluss an Nernsts Differentialrechnung (für Chemiker), 4. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I, 5; Praktische Übungen im Laboratorium (mit Graetz und Zehnder), 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g.* — **Graetz**: Analytische Mechanik, 5; Elektronentheorie, 1. — **Zehnder**: Über Kathodenstrahlen, X-Strahlen und verwandte Strahlen, mit Demonstrationen, 1. — **Donle**: Einführung in die elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2. — **Erk**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, unter besonderer Berücksichtigung der Forst- und Landwirte, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Meteorologie, tägl. *g.* —

v. Baeyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (mit K. Hofmann und Piloty in der unorganischen, mit Königs und Willstätter in der organischen Abteilung), tägl. ausser Sonnabend. — **Hilger**: Pharmazeutische Chemie I, 4; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Nahrungsmittelchemie: Gärungserscheinungen, Gärungsgewerbe, Milch- und Molkereiprodukte, 2 *g.*; Grundzüge der physiologischen Chemie, 1 *g.*; Chemisches Praktikum: Arbeiten auf dem Gesamtgebiete der angewandten Chemie, speziell der Nahrungsmittel, physiologische Chemie und elektrochemische Arbeiten (mit Weinland), halb- und ganztägig. — **Königs**: Alkaloide, 1 *g.* — **K. Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Metalloide und Schwermetalle, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4; Praktikum für Spektralanalyse, 2. — **Piloty**: Analytische Chemie (qualitative und quantitative Gewichtsanalyse), 3; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig. — **Willstätter**: Benzolderivate, 4; Konversatorium über organische Chemie, 1. — **Dieckmann**: Chemie der Fettreihe, 2. — **R. Weinland**: Prüfung und Wertbestimmung der Arzneimittel nach dem deutschen Arzneibuch 2. (organischer) Teil, 1 *g.* —

G. Bauer: Vorlesung noch unbestimmt; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **F. Lindemann**: Theorie der Funktionen einer komplexen Variabeln, 4; Anwendungen der Infinitesimalrechnung auf die Theorie der Kurven und Flächen im Raume, 4; Über das Problem der Quadratur des Kreises, 2; Mathematisches Seminar, $1^1/_2$ *g.* — **Pringsheim**: Differentialrechnung, 5; Zahlentheorie, 3. — **Brunn**: Einleitung in die mathematische Auffassung der Naturwissenschaften nebst Elementen der mechanischen Wärmetheorie, für Chemiker, 4; Probleme der Analysis situs, 2. — **Döhlemann**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 3; Die Transformation durch reziproke Radien und deren Anwendungen, 2; Kinematik (Geometrie der Bewegung), 1 *g.* — **Ed. v. Weber**: Analytische Geometrie der Ebene, mit Übungen, 5; Differentialgleichungen, 4. — **Korn**: Mathematische Vorkenntnisse zum Studium der theoretischen Physik, 5; Das Problem der Eigenschwingungen kompressibler Systeme, 2 *g.* — **Göttler**: Algebraische Analysis, 4. — **Seeliger**: Die Grundlehren der Astronomie in elementarer Darstellung, 4; Astronomisches Kolloquium, *g.* — **Anding**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 2. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik: Mechanik, Wärmelehre, Reibungs-, Berührungs- und Thermoelektrizität, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik, 48. — **Knoblauch**: Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, 48; Anwendungen der Thermodynamik auf physikalisch-chemische Erscheinungen, 2. — **Fischer**: Mechanische Wärmetheorie, 2, Übungen, 1. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie (Technische Thermodynamik), 2, Übgn., 1; Theoretische Maschinenlehre I, 3, II, 2, Übungen, 2. — **Emden**: Grundzüge der Theorie der Fourierschen Reihen, Kugelfunktionen und Cylinderfunktionen und Anwendung derselben auf physikalische Probleme, 3; Übungen in der Anwendung der harmonischen Funktionen auf physikalische Probleme, 1. — **Edelmann**: Photographie mit besonderer Berücksichtigung der Lichtpause- und Vervielfältigungsprozesse, 1. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Ventilation, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 3; Elektrotechnik für Maschineningenieure und Chemiker, 2; Beleuchtungstechnik und Konstruktion der Bogenlampen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2. — **Heinke**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnische Messkunde, 2; Elektrotechnisches Praktikum I: Messtechnik und Photometrie, 8, für Vorgeschrittene, 20 bis 32; Elektrische Arbeitsübertragung und Centralanlagen, 2. — **Gleichmann**: Elektrische Schalt- und Regulierapparate, 1; Elektrische Bahnen, 2. — **Ossanna**: Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Gleichrichtern und Transformatoren, 8; Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I: Gleichstrommaschinen und Umformer, 3, III: Transformatoren und Asynchronmotoren, 3; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **v. Lossow**: Konstruktionslehre der Maschinenteile I, 6; Entwerfen von Maschinenteilen I, für Maschineningenieure, 8, für Elektroingenieure, 6; Dampfkessel und deren Feuerungen, 2. — **Ultsch**: Konstruktionslehre der Arbeitsmaschinen I, 2, II, 2; Entwerfen von Arbeitsmaschinen I, 6; Elementare Mechanik als Einleitung in die allgemeine Maschinenlehre, 2; Allgemeine Maschinenlehre a) Maschinenteile, b) Arbeitsmaschinen I, 3. — **Camerer**: Wasserkraftmaschinen, 6. — **Lynen**: Entwerfen von Dampfmaschinen, 8; Konstruktionslehre der Eisenbahnmaschinen, 4. — **v. Linde**: Theorie der Kältemaschinen, 2. — **v. Hoyer**: Mechanische Technologie I, 6. —

Muthmann: Unorganische Experimentalchemie einschl. der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10 bis 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Schultz**: Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Chemische Technologie I, 2, II, 4; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20 bis 30. — **Eibner**: Chemie der Benzolderivate I, 2. — **Rohde**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie mit Berücksichtigung der Tageslitteratur, 1. — **Lipp**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Massanalyse II, 2; Brennmaterialien und Feuerungsanlagen mit Einschluss der technischen Gasanalyse I, 2. — **Hofer**: Theoretische Elektrochemie, 2. — **Baur**: Chemische Kosmographie, 1. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlenhydrate I, 3; Gärungschemisches Praktikum, 30; Technologie und Warenkunde II, für Zolldienstaspiranten, 4. —

v. Braunmühl: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 4, Übungen, 1; Projektivische Geometrie in synthe-

tischer Behandlung, 4, Übungen, 1; Mathematisch-historisches Seminar, 2. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Theorie der optischen Instrumente, 2. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 3; Mathematisches Seminar (Kolloquium), (mit Finsterwalder), 2; Einleitung in die analytische Mechanik, 4. — **Anding**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum I, 2 oder 4; Höhere Geodäsie und Ausgleichungsrechnung, 4; Katastermessungen, 3, Praktikum III, 8; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Ausgleichungsrechnung (Praktikum), 1; Mechanisches und graphisches Rechnen, 1. — **Günther**: Methodik der mathematischen Geographie, 1. — **Föppl**: Technische Mechanik einschliesslich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik II: Graphische Statik, 3, III: Festigkeitslehre, 4, Übungen, 2. — **Kutta**: Einleitung in die Elastizitätstheorie und Hydrodynamik, 3. —

Universität Münster.

Hittorf: Liest nicht. — **Heydweiller**: Experimentalphysik II: Akustik, Magnetismus, Elektrizität, Optik, 4; Theoretische Optik, 2; Physikalische Übungen, 3 oder 6; Wissenschaftliche Untersuchungen im physikalischen Institut, tägl.; Physikalisches und physikalisch-chemisches Kolloquium, 2 *g*. — **Reinganum**: Hydrodynamik, 2. —

Salkowski: Organische Chemie II: Die cyklischen (aromatischen) Verbindungen, 4; Die Schwermetalle, 2 *g*.; Praktische Übungen und Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, 35. — **König**: Analytische Chemie I, 1; Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, 2 *g*.; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 39 *g*. — **Kassner**: Pharmazeutische Chemie (organischer Teil) mit Demonstrationen und Experimenten, 4; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Brennstoffe und ihrer Ausnutzung, 1; Pharmazeutisch-chemische und toxikologische Übungen im Laboratorium. Darstellung chemischer Präparate. Für Geübtere Bearbeitung wissenschaftlicher oder technischer Themata, 30; Massanalyse, 1 *g*. —

Killing: Analytische Mechanik II, 4; Analytische Geometrie II, 3, Übungen, 1 *g*.; Theorie der Transformationsgruppen, 2; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 1 *g*. — **Dehn**: Elliptische Funktionen, 3; Graphische Statik, 2; Übungen zur Funktionentheorie, 1 *g*. —

Universität Prag.

Lecher: Experimentalphysik I, 5; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl. *g*. — **v. Geitler**: Physikalisches Praktikum I für Physiker und Mathematiker, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Physikalische Messmethoden, 2; Theorie der verdünnten Lösungen, 2. — **Lippich**: Theoretische Mechanik, 3; Potentialtheorie, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Spitaler**: Allgemeine Meteorologie I, 3; Ozeanographie, 1. —

Goldschmiedt: Anorganische Chemie, 5; Chemische Experimentierübungen, 2; Chemische Übungen, ganz- und halbtägig, tägl., für Mediziner, 10; Übungen in sanitätspolizeilichchemischen Untersuchungen, halbtägig, tägl. ausser Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Gintl**: Anleitung zur Ausführung gerichtlichchemischer Untersuchungen mit praktischen Übungen, 4. — **Brunner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **v. Garzarolli**: Analytische Chemie mit Demonstrationen, 3. — **Meyer**: Übungen in chemischen Berechnungen, 1. — **Kirpal**: Pyridinderivate, 1. —

Pick: Differential- u. Integralrechnung, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Gmeiner**: Analytische Geometrie, 3; Doppelintegrale, 2; Analytisch-geometrische Übungen, 1 *g*. — **Weiss**: Elemente der darstellenden Geometrie, 2. — **Weinek**: Sphärische Astronomie II, 3. — **Oppenheim**: Elemente der höheren Geodäsie, 2; Geschichte der Astronomie von Newton bis in die neueste Zeit, 1. —

Technische Hochschule Prag.

N. N.: Physik, 5; Ausgewählte Kapitel für Chemiker, 2. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 4, Repetitorium, 3; Ausgewählte Kapitel der Wechselstromelektrotechnik, 1. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie, 3. — **Doerfel**: Maschinenlehre, 5, Repetitorium, 2; Maschinenbau II, 2, Repetitorium, 4. — **Baudiss**: Maschinenbau II, 4, Repetitorium, 6; Maschinenbau, ausgewählte Kapitel, 2. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik II, 2; Mechanik I, 6, Repetitorium, 1; Graphische Statik, 2, Repetitorium, 2; Materialienlehre, 1; Baumechanik I, für Hörer des kulturtechnischen Kurses, 2. — **Schiebel**: Allgemeine Maschinenkunde, 3; Technisches Zeichnen (Maschinenzeichnen), 4; Maschinenbau I (1. Teil), 2, I (2. Teil), 4, Repetitorium, 8. — **Mikolaschek**: Mechanische Technologie I, 5, III, 5. —

Gintl: Allgemeine Experimentalchemie der Mineralstoffe, 5; Allgemeine Experimentalchemie der Kohlenstoffverbindungen, 4; Praktische Übungen in der Ausführung chemischer Operationen und Darstellung von Präparaten, 6; Analytische Chemie (qualitative), 2; Praktische Übungen in der qualitativen Analyse, 19; Analytische Chemie (quantitative), Repetitorium, 2; Praktische Übungen in der quantitativen Analyse, 24; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen für Geübtere, 15; Chemie der Nahrungs- und Genussmittel und über die Methode der chemischen Untersuchung derselben, 2, Repetitorium, 6. — **Storch**: Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Repetitorium, 2; Chemie der Metalle und technischen Metallgewinnung, 2; Massanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie, Elektrochemie, 3; Theorie der cyklischen Verbindungen, 2; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Untersuchungen für Geübtere, 15. — **Czapek**: Mikroskopierübungen, 3; Technische Mykologie, 2; Warenkunde und technische Mikroskopie, 3. — **Zulkowski**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe I, 6½; Übungen im chemisch-technischen Laboratorium, 20; Übungen über praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 4. — **Gintl jun.**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1; Elementaranalyse organischer Verbindungen, 2, Repetitorium, 2. —

Weiss: Mathematik I, 6, Repetitorium, 2; Elemente der höheren Mathematik, 6, Repetitorium, 1; Analytische Mechanik, 2. — **Grünwald**: Mathematik II, 5, Repetitorium, 2; Differentialgleichungen und deren Anwendung auf Geometrie und Mechanik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 8; Geometrie der Lage, 3. — **Ruth**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Repetitorium, 2; Niedere Geodäsie I, 4½, Repetitorium, 2; Höhere Geodäsie, 3, Repetitorium, 2; Technisches Zeichnen A: Plan- und Terrainzeichnen, 4; Geodätisches Rechnen, 2. —

Universität Rostock.

Matthiessen: Experimentalphysik II: Wellenlehre, Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Theorie der Interferenzen, 2; Kleines physikalisches Praktikum für Mediziner, Mathematiker, Chemiker und Pharmazeuten, 12; Grosses physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Wachsmuth), tägl. — **Wachsmuth**: Mechanische Wärmetheorie, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Kümmell), 14tägig, 2 *g*. — **Kümmell**: Thermochemie, 2; Atomtheorie, 1; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum, 3; Grosses physikalisch-chemisches Praktikum (Leitung selbständiger Arbeiten), tägl. ausser Sonnabend. —

Michaelis: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium: a) Grosses Praktikum, tägl. ausser Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, d) für Nahrungsmittelchemiker, 4; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2 *g*. — **Heinrich**: Grosses agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Stoermer**: Analytische Experimentalchemie, 4; Gerichtliche Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 3. — **Kunckell**: Titriermethoden des Arzneibuches und Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 2; Einführung in die Nahrungsmittelanalyse für Pharmazeuten, 1 *g*. —

Staude: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. —

Universität Strassburg.

Braun: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus

für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. ausser Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Cohn**: Elektrodynamik mit Einschluss der elektromagnetischen Theorie des Lichts, 3, Seminaristische Übungen, 1 *g*. — **Zenneck**: Elektromagnetische Schwingungen (experimentell) II: Schnelle Schwingungen und deren praktische Verwendung, 1. — **Hergesell**: Grundzüge der Meteorologie, 2; Meteorologische Arbeiten im meteorologischen Institut, tägl. *g*. — **Cantor**: Physikalische Chemie, 2, Praktische Übungen, 4. —

Thiele: Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Chemische Übungen und Untersuchungen im Laboratorium, tägl. ausser Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 5. — **Erlenmeyer**: Repetitorium der organischen Chemie, 2; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere (mit Kreutz), tägl. — **Köhl**: Grundzüge der theoretischen Chemie, 2. — **Kreutz**: Die Zusammensetzung und Untersuchung der menschlichen Nahrungsmittel und der Nachweis der Verfälschungen, 1. — **Kohlschütter**: Spezielle anorganische Chemie I, 3; Praktikum für Gasanalyse, 3. — **Schär**: Pharmakognosie, 4; Toxikologie (für Pharmazeuten), 2; Pharmakognostische Demonstrationen, 1 *g*.; Übungen und Untersuchungen im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. ausser Sonnabend; Pharmakognostisches Praktikum, 4. —

Roth: Algebraische Analysis und Determinanten, 3; Analytische Geometrie des Raumes, 2; Gewöhnliche Differentialgleichungen, 2 *g*. — **Krazer**: Differential- und Integralrechnung, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 3; Übungen des mathematischen Seminars (untere Abteilung), 2. — **Reye**: Geometrie der Lage, 3; Analytische Mechanik, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 2 *g*. — **Weber**: Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 4; Ausgewählte Kapitel der Algebra, 2; Mathematisches Oberseminar, $1^1/_2$; Mathematisches Kolloquium, 14tägig. — **Becker**: Theorie der speziellen Störungen und Einleitung in die Theorie der allgemeinen Störungen, 3; Die Doppel- und mehrfachen Sterne, 1; Astronomische Beobachtungen an den Instrumenten der Sternwarte; Seminaristische Übungen (Kolloquium), *g*. — **Wislicenus**: Photometrie des Himmels, 1; Geometrische Optik, 1; Die Grundlehren der Astronomie in gemeinverständlicher Darstellung, 1 *g*.; Besprechung der neuesten litterarischen Erscheinungen auf astronomischem Gebiete, 1 *g*. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, Elektrostatik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium, tägl.; Theoretische Physik: Potentialtheorie in Anwendung auf Elektrostatik und Magnetismus, elektrische Ströme, 2; Meteorologie, 1. — **Englisch**: Theoretische Photographie mit Demonstrationen, 1. — **Veesenmeyer**: Elektrotechnik, 6; Die Gleichstromerzeuger, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 8. — **Herrmann**: Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2; Theorie der Wechselströme, 2. — **Dietrich**: Elektrotechnische Messkunde, 4; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium II, für Vorgerücktere (mit Herrmann, Heinrich und Brühn), täglich ausser Sonnabend; Elektrotechnisches Seminar (mit Veesenmeyer und Herrmann), 1. — **Autenrieth**: Technische Mechanik, 6, Übungen II für Maschineningenieure, 2. — **v. Weyrauch**: Mechanische Wärmetheorie, 4. — **Berg**: Maschinenzeichnen, 8; Schattenkonstruktionen und Perspektive für Maschineningenieure, 8; Pumpen, Übungen, 4. — **Ernst**: Maschinenelemente (mit Kirner), 6, Konstruktionsübungen, 11; Hebezeuge (mit Kirner), 2. — **Thomann**: Fabrikanlagen I, 1, II mit Übungen, 2; Maschinenkonstruktionen (mit Dietrich), 10; Maschinenkunde mit Übungen, 4. — **Bantlin**: Dampfmaschinen, 6; Elastizitätslehre, 2, Übungen, 1; Maschinenkonstruktionen (mit Kloth), 8 oder 6. — **v. Bach**: Ingenieurlaboratorium mit Übungen (mit Roser), 4; Erörterungen für Maschineningenieure, 1. — **Nallinger**: Eisenbahnfahrzeuge, 3. —

Hell: Allgemeine Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für allgemeine Chemie (mit Kehrer, Kauffmann und Gansser); Organische Chemie, 5. — **Kehrer**: Analytische Chemie, 2. — **Schmidt**: Ausgewählte Kapitel der analytischen Chemie, 2; Praktische Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 2; Populäre Vorlesungen über Chemie, 2. — **Kauffmann**: Physikalische Chemie, 1; Chemisch-physikalisches Kolloquium, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Seel**: Chemisch-pharmazeutisches Praktikum, 4; Ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, 2; Gewinnung, Untersuchung und Beurteilung der wichtigsten Nahrungs- und Genussmittel, 1 *g*. — **N. N.**: Chemie der Nahrungsmittel, Genussmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Spindler**: Physiologisch-chemische Analyse, 2. — **Philip**: Massanalyse, 1. — **Häussermann**: Technische Chemie, 2; Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2; Farbenchemie, 3; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie (mit Schmidt). —

Hohenner: Trigonometrie, 2, Übungen, 1 oder 2; Plan- und Geländezeichnen II (mit Heer und Eoll), 2; Katastermessungen mit Übungen, 4; Markscheidekunst, 1, Übungen, 1. — **Roth**: Niedere Analysis, 4. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 1. — **Cranz**: Elemente der Differential- und Integralrechnung mit Übungen, 4. — **Reuschle**: Analytische Geometrie der Ebene (mit Roth), Übungen, 1; Analytische Geometrie des Raumes (mit Roth), 2, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der neueren analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes einschliesslich Invariantentheorie, 3; Differential- und Integralrechnung II (mit Roth), 2, Übungen, 2, III (mit Roth), 2, Übungen, 1; Mathematisches Seminar (mit Mehmke), 1. — **Wölffing**: Höhere Algebra, 3; Variationsrechnung, 1 *g*. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie (mit Roth), 4, Übungen, 6; Synthetische Geometrie (mit Roth), 3, Übungen, 1; Graphisches Rechnen, 1. — **N. N.**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Hammer**: Praktische Geometrie, 3, Übungen, 10; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Abbildungen der Erdoberfläche auf die Ebene (Kartenprojektionen), 1, Übungen, 1; Astronomische Zeit- und direkte geographische Ortsbestimmung, 2, Übungen. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik II: Schall, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 8; Physikalisches Kolloquium, 1; Selbständige Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Einleitung in die theoretische Physik und Theorie der Wärme, 3, Übungen, 2; Meteorologie, 1. —

v. Hüfner: Organische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger (mit Küster), I (qualitativ), 6, II (quantitativ), 6; Leitung physiologisch-chemischer Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Wislicenus**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, für Anorganiker, ganz- und halbtägig, für Organiker (mit Bülow), tägl. ausser Sonnabend; Leitung selbständiger Arbeiten. — **Bülow**: Chemie des Benzols und seiner Derivate, 2; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl.; Ausgewählte Kapitel aus der organischen Grossindustrie, 1. — **Küster**: Chemie der Nahrungs- und Genussmittel, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie für Mediziner, 2. — **Wedekind**: Moderne organische Probleme, 1; Chemie der Fettreihe mit besonderer Berücksichtigung der Kohlensäurederivate und der Cyanverbindungen, 2. — **Dimroth**: Natürliche organische Farbstoffe, 1; Leitung selbständiger Untersuchungen, tägl. —

v. Brill: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Über nichtstarre Systeme und die Mechanik von Hertz, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Stahl**: Höhere Algebra, 3; Anwendungen der Funktionentheorie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Bestimmte Integrale, 2; Differentialgleichungen, 2; Einleitung in die Theorie der Ternärformen, 1, Übungen, 1; Übungen in der höheren Analysis, 2. —

Universität Wien.

v. Lang: Experimentalphysik für Philosophen und Mediziner I, 4. — **Boltzmann**: Analytische Mechanik, 5; Mathematisch-physikalisches Seminar, 1; Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1 *g*. — **Exner**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6; Physikalisches Praktikum für Chemiker und Naturhistoriker, 5; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium, 1 *g*. — **Jäger**: Elemente der theoretischen Physik III: Elektrizität und Magnetismus, 3; Akustik, 2. — **Moser**: Experimentalphysik für Hörer der Medizin und der Philosophie (insbesondere Elektrizität und Optik), 3; Physikalische Bedeutung mathematischer Begriffe, 2; Demonstrationen und Übungen an und

mit physikalischen Apparaten als Ergänzung der Experimentalvorlesung, 1. — **Lampa**: Physikalisches Praktikum (für Mediziner), 2. — **Benndorf**: Übungen im physikalischen Rechnen, 2. — **v. Schweidler**: Die elektrischen Entladungen in Gasen, 2. — **Meyer**: Elektrochemie, 1. — **Hasenöhrl**: Mechanische Wärmetheorie, 2. — **Mache**: Elektrodynamik, 2. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Physik der Atmosphäre, 1½; Über Meeresströmungen und Meereswellen, 1. — **Pernter**: Meteorologische Optik, 3. —

Lieben: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, 40; Chemische Übungen für Mediziner, 4; Arbeiten im II. chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Wegscheider**: Theoretische und physikalische Chemie I, 5; Chemische Übungen für Anfänger, 40; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl. — **Lippmann**: Organische Chemie I: Chemie der Methanderivate, 3; Chemische Übgn. für Anfänger, 40; Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene, tägl. — **Herzig**: Analytische Chemie (qualitativer Teil), 2; Analytische Chemie (quantitativer Teil), 2; Übungen aus pharmazeutischer Chemie für Pharmazeuten im IV. Semester, 40. — **Fossek**: Liest nicht. — **Zeisel**: Die Zuckerarten, 2. — **Schacherl**: Ausgewählte Kapitel aus der Nahrungsmittelkunde, insbesondere für Kandidaten der Nahrungsmittelexpertise, 3. — **Blau**: Terpene und Kampfer, 1. — **Vortmann**: Liest nicht. — **Pomeranz**: Theoretische Chemie, 2. — **Franke**: Anleitung zur chemischen Analyse, 1; Methoden der qualitativen Analyse, 1. — **Pollak**: Geschichte der Chemie, 2; Organische Technologie, 1. — **Wenzel**: Anorganische Technologie (Metallurgie), 1; Über die physikalischen Eigenschaften der chemischen Verbindungen, 1. —

v. Escherich: Elemente der Differential- und Integralrechnung (unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Naturhistoriker, Physiker, Chemiker, Mediziner und Versicherungsmathematiker), 5, Übungen, 1; Proseminar für Mathematik, 1; Seminar für Mathematik, 2. — **Gegenbauer**: Integral- und Variationsrechnung, 3; Theorie der Kugel- und Cylinderfunktionen mit Anwendungen auf Probleme der theoretischen Physik, 2; Übungen im mathematischen Proseminar, 1; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Mertens**: Zahlentheorie, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2; Übungen im mathematischen Proseminar, 1. — **Kohn**: Einleitung in die synthetische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Invariantentheorie mit geometrischen Anwendungen, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 4, Übungen, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Zsigmondy**: Liest nicht. — **Plemelj**: Potentialtheorie, 2. — **Daublebsky v. Sterneck**: Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf die Geometrie, 2; Additive Zahlentheorie, 1. — **Carda**: Einführung in die Theorie der Berührungstransformationen, 3. — **Weiss**: Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandten Erscheinungen, 2; Theorie der Feuermeteore, 2. — **v. Hepperger**: Sphärische Astronomie, 4; Photometrie, 1 *g*. — **Schram**: Methode der kleinsten Quadrate, 1. — **Hartl**: Elemente der darstellenden Geometrie mit Konstruktionsübungen, 4; Geodätische Koordinaten mit Rechenübungen, 1½. —

Technische Hochschule Wien.

Ditscheiner: Allgemeine und technische Physik, 5; Optik für die Hörer des geodätischen Kurses, 2; Physik für Chemiker, 2, Übungen, 1. — **Hochenegg**: Elektrotechnik, 4, Praktische Übungen und Untersuchungen, 4. — **Sahulka**: Theorie der Wechselströme und deren Anwendung in der Praxis, 3. — **Reithoffer**: Elektrische Kraftübertragung mittels Wechselstromes, 2. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahnsignalwesen, 2. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie für Ingenieure, 2. — **Strache**: Beleuchtungswesen, 2. — **Kobes**: Theoretische Maschinenlehre, 4. — **N. N.**: Maschinenbau I, 4½, Konstruktionsübungen, 14½, II, 5. — **v. Hauffe**: Konstruktionsübungen zum Maschinenbau II, 10. — **Englaender**: Allgemeine Maschinenkunde, 3; Maschinenzeichnen, 6. — **Meter**: Feuerungstechnik, Heizung, Lüftung und sonstige gesundheitstechnische Ausbildung von Wohn-, Fabriks- und öffentlichen Gebäuden, 3; Heizung und Lüftung von Wohnräumen, 1. — **v. Stockert**: Eisenbahn-Betriebsmittel, 2; Eisenbahnbetrieb, 3. — **Kick**: Mechanische Technologie I, 5, III, 5. — **Hauptfleisch**: Mechanische Technologie III, 5. —

Bauer: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5, Übungen, 20. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **Wegscheider**: Theoretische und physikalische Chemie I und II, 5. — **Paweck**: Technische Elektrochemie, 2. — **Lippmann**: Chemie der Benzolderivate, 2. — **Suida**: Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 2. — **Bamberger**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 3; Praktische Übungen in der Ausführung technischer Proben, 3. — **Feitler**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen und theoretischen Chemie, 1. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe, 2. — **v. Jüptner**: Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 5, Übungen 20; Technische Feuerungen. — **N. N.**: Chemische Technologie der organischen Stoffe, 5, Übungen, 20. — **v. Höhnel**: Warenkunde und technische Mikroskopie, 4, Übungen, 4. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. —

Allé: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5; Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Sersawy**: Versicherungsmathematik, I, 3, II, 4. — **N. N.**: Darstellende Geometrie, 4; Konstruktives Zeichnen, 6. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktives Zeichnen, 6; Projektive Geometrie I, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Finger**: Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik, 5; Enzyklopädie der Mechanik, 4; Analytische Mechanik, 2. — **Zsigmondy**: Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik, 5. — **Tetmajer**: Technische Mechanik I, 4, Übungen, 2. — **Hermanek**: Hydromechanik, ausgewählte Kapitel, 1 oder 2. — **Schell**: Elemente der niederen Geodäsie, 4½, Praktische Übungen; Praktische Geometrie, 4½; Praktische Übungen; Situationszeichnen, 4. — **Tinter**: Methode der kleinsten Quadrate, 1½; Sphärische Astronomie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Übungen im Beobachten und Rechnen, 3; Geodätische Rechenübungen, 2½. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, 5; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 4 und 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Des Coudres**: Elektrizität und Magnetismus (Maxwellsche Theorie), 3; Wechselströme, Theorie und Praxis, 2 *g*. — **Seitz**: Einführung in die theoretische Behandlung physikalischer Fragen an der Hand von Beispielen, 1. —

Hantzsch: Anorganische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Tafel), a) ganztägig, b) halbtägig, c) für Mediziner, 4; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Tafel), tägl. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Gerichtliche Chemie, 2; Praktikum für Pharmazeuten, halbtägig; Kurs technisch-chemischer Analysen, zwei halbe Tage; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, — halb- oder ganztägig. — **N. N.**: Analytische Chemie (Experimentalvorlesung, zugleich zur Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums), 3. — **Tafel**: Isocyklische Verbindungen, 2. — **Reitzenstein**: Die Entwicklung der chemischen Zeichensprache und Nomenklatur, 2. — **Ley**: Chemische Statik und Dynamik, 2. —

Prym: Differentialrechnung mit Einleitung in die höhere Analysis, 4, Übungen, 2 *g*.; Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4; Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2 *g*. — **Voss**: Algebra, 4; Analytische Mechanik I, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Selling**: Integration der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 3; Theorie der Planetenbewegungen, 3; Beschreibende Astronomie, 1 *g*. — **Rost**: Darstellende Geometrie I, 4; Einleitung in die analytische Geometrie der Ebene, 3; Elemente der Determinantentheorie, 2 *g*. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Theoretische Physik, 2, Physikalische Übungen für Kandidaten des Sekundarlehramts; 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, ½ Tag; Physikalisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Schaufel-

berger), tägl. — **Schaufelberger**: Repetitorium der Experimentalphysik, 1; Elektrotechnik, 2. —

Werner: Anorganische Experimentalchemie, 5; Stereochemie II, 1; Organische Chemie II, für Chemiker, 2; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere (präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten), tägl.; Elektrochemische Übungen, 2 Nachmittage *g.*; Technisch-chemische Übungen, 1 Nachmittag *g.*; Chemisches Halbpraktikum, für Studierende der Naturwissenschaften, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse, 2; Chemisches Kolloquium, 1 *g.*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage; Anleitung zu medizinisch-chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemisches Praktikum für Studierende der Naturwissenschaften, 3 Tage; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgerücktere (Nichtchemiker), tägl.; Chemisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 2½ Tage; Chemische Übungen für Lehramtskandidaten, 2. — **Schall**: Leitfähigkeit, Lösungsmittel und Lösungstheorie, 2; Die innere Reibung der Flüssigkeiten und Lösungen, 1 *g.* — **Pfeiffer**: Terpene und Campher, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Fettchemie, für Chemiker, 1. —

Burkhardt: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4; Funktionen komplexer Grössen, 3; Potentialtheorie II, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Kraft**: Allgemeine Elektrizitätstheorie, 4; Analytische Theorie der Kurven und Flächen, 4. — **Weiler**: Analytische Geometrie I, 3—4; Darstellende Geometrie I, 3; Synthetische Geometrie I, 3; Analytische Geometrie mit Übungen, für Lehramtskandidaten, 2. — **Gubler**: Algebra mit Übungen, für Lehramtskandidaten, 2; Inhalt und Methode des mathematischen Unterrichts an Mittelschulen, 2; Moderne Geometrie des Dreiecks, 1; Elementar-mathematische Übungen, 1. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Theorie der Finsternisse und verwandten Erscheinungen, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Messmethoden der Elektrotechnik, 4; Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren, 2; Elektromechanik, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 oder 16; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 oder 24; Experimentelle Untersuchungen in Wechselstrom und an Wechselstrommotoren, 4. — **Weiss**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Optique théorique et expérimentale, 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 und 8; Traveaux scientifiques, 4, 8 oder 24. — **Schweitzer**: Gleichstrommotoren, 1; Physik, 4, Repetitorium, 1. — **Denzler**: Bau und Betrieb elektrischer Bahnen II, 2; Ausgewählte Abschnitte über angewandte Elektrotechnik, 1. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Schwachstromtechnik, 1 *g.*; Militärtelegraphie und -Telephonie, 1. — **Wyssling**: Elektrische Centralanlagen II, 2, Übungen und Konstruktionen, 3; Elektrische Kraftübertragung und Beleuchtung, 3, Repetitorium, 1. — **Weilenmann**: Meteorologie und Klimatologie, 7. — **Stodola**: Dampfmaschinenbau I: Steuerungen, Regulatoren, 4, Übungen, 2; Gasmotoren (Einleitung), 1; Dampfkessel und ausgewählte Kapitel des Dampfmaschinenbaues, 2; Maschinenkonstruieren und Entwerfen vollständiger Dampfkraftanlagen, 6; Übungen in der kalorischen Abteilung, ½ Tag. — **Prášil**: Hydraulische Motoren und Pumpen II, 4, Repetitorium, 1; Konstruktionsübungen, 12, über Fabrikanlagen, 4; Ausgewählte Kapitel über hydraulische Anlagen aller Art, 2, Übungen, ½ Tag. — **Escher**: Mechanische Technologie II: Metallverarbeitung, 2, Repetitorium, 1; Mechanische Technologie IV: Spinnerei und Weberei (Fortsetzung), 2; Maschinenlehre, 4, Übungen, 4; Müllerei, 2; Technologisches Praktikum, 4. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen II, 2; Maschinenkonstruieren, 6. — **Fliegner**: Theoretische Maschinenlehre II: Wärmetheorie und Dampfmaschinen, 4, Übungen, 3. — **Herzog**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2. — **Meyer**: Maschinenzeichnen, 1, Übungen, 4; Maschinenbau (Elemente), 5, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 10. — **Schüle**: Baustatik, 3, Übungen, 2; Technologie des matériaux de construction II: fer et acier, 2, Repetitorium, 1; Übungen in Eisenkonstruktionen, 3. — **A. Weber**: Mechanik und Maschinenlehre, 4, Repetitorium, 1; Maschinenlehre, 2, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen, 4; Industrielle Einrichtungen und Bauten, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 2. —

Bamberger: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Bosshard**: Beurteilung und Reinigung des Wassers für technische Zwecke, namentlich für Dampfkesselspeisung, 1. — **Treadwell**: Analytische Chemie I, 2; Gasanalyse mit Übungen, 1; Lebensmittelanalyse mit Übungen, 2; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g.*; Anwendungen physikalischer Methoden in der Chemie (mit Lorenz), ½ Tag; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Lorenz), tägl. — **Lorenz**: Allgemeine Elektrochemie, 2; Chemische Dynamik (Kinetik), 1; Elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 15. — **Gnehm**: Bleicherei, Färberei und Farbstoffe, 4, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Hartwich**: Pharmakognosie, 5; Toxikologie, 2; Technische Botanik I: Fasern und Stärke, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Mikroskopische Untersuchung pharmazeutischer Drogen, 2; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl.; Chemische Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln, tägl.; Mikroskopierübungen in der Nahrungsmittelkunde, 2 halbe Tage; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 4 halbe Tage. — **Lunge**: Anorganische chemische Technologie, 4, Repetitorium, 1; Heizung, 2; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Schulze**: Anorganische Chemie mit Repetitorium, 4; Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 2; Landwirtschaftlich-chemische Technologie (Zucker- und Spiritusfabrikation, Chemie des Molkereiwesens), 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 8; Agrikulturchemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Chemie der Milch und Milchprodukte, 2; Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Produkte, 1; Besprechung physiologisch-chemischer Arbeiten, 2. —

Hurwitz: Differentialrechnung, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1. — **Beyel**: Geometrische Einleitung in die graphische Statik, 2; Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2. — **Decher**: Vermessungskunde, 5, Repetitorium, 1, Vermessungsübungen, 2; Erdmessung, mit Repetitorium, 2; Geodätisches Praktikum, 2. — **W. Fiedler**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 4. — **Franel**: Calcul différentiel, 4, Répétition, 1, Exercices, 2; Théorie des équations différentielles, 4, Répétition, 1. — **Geiser**: Analytische Geometrie, 4, Repetitorium, 1; Elemente der Ballistik, 1. — **Hirsch**: Theorie der linearen Differentialgleichungen, 2. — **J. Keller**: Mathematik, 4; Theorie der Centralprojektion mit Anwendung auf die praktische Perspektive, 2; Projektivische Reihen und Büschel mit Anwendung auf die konstruktive Theorie der Kegelschnitte, 2; Auflösung der allgemeinen Gleichungen III. und IV. Grades, sowie beliebiger Gleichungen durch Annäherung, 2. — **Kraft**: Allgemeine Elastizitätstheorie, 4. — **Lacombe**: Géométrie descriptive, 2 und 4, Exercices, 4, Répétition, 1; Géométrie de position, 2; Mathematisches Seminar, 2. — **Rebstein**: Katastervermessung, 3, Übungen, 2; Kartenprojektionen, 1; Anwendung der geodätischen Linie auf Geodäsie, 2. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Theorie der Finsternisse und verwandten Erscheinungen, 2. —

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

